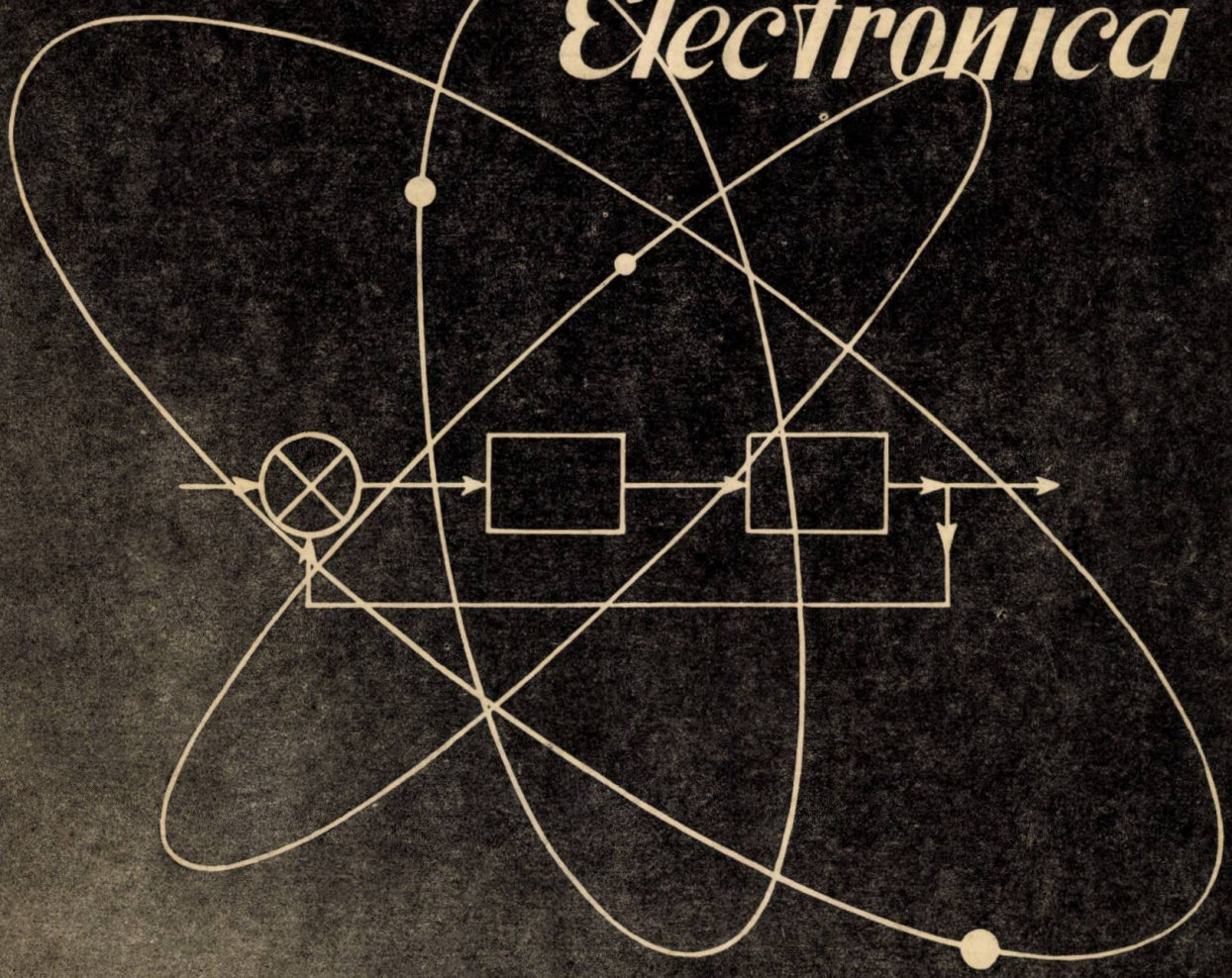
Automatica și Electronica



1

1959

Institut de Documentare Tehnică

EXTRAS DIN RECOMANDĂRILE PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare.*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet, (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.*
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

REVISTA „AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA". organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București. Str. Ion Ghica nr. 3, Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 16.78.78 — Administrației și Casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon 14.06.24. — Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară, precum și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual Tarif pentru muncitori, tehnicien și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

E 2551

Automatica și Electronica

Vol. III (1959) nr. 1 (ian. — febr.), p. 1 — 48.

SUMAR

Semnificația istorică a Congresului XXI al P.C.U.S.

Automatica și electronica, III(1959) nr. 1, p. 1—2

CZ 621—52 (R)

EDITORIAL :

Asupra fabricării aparaturii de automatizare în țară

Automatica și electronica, III(1959) nr. 1, p. 3

CZ 621—52: 622

ONCIU, T. :

Automatizarea în industria minieră

Automatica și electronica, III(1959) nr. 1, p. 4—16

Se descriu progresele realizate în străinătate, indicîndu-se, acolo unde este cazul, și situația din Valea Jiului. Se examinează cerințele față de utilajul de mină care urmează să fie trecut la comandă la distanță, respectiv la automatizare. În continuare se arată că în U.R.S.S., datorită economiilor realizate prin mărirea capacității instalației, reducerea efectivului și micșorarea cheltuielilor de întreținere, investițiile prin automatizări se amortizează foarte repede. În încheiere se examinează posibilitățile de automatizare în Valea Jiului în general, cît și în cazul concret al unei preparații. Se fac recomandări pentru a accelera problema automatizării în industria minieră a R.P.R.

CZ 621.34—523.8.012

VAZACA, GHR. :

Caracteristicile statice și dinamice ale acționării electronice.

Automatica și electronica, III(1959) nr. 1, p. 17—27

Se analizează proprietățile și se deduc caracteristicile statice și dinamice ale ansamblului redresor-motor de curent continuu, folosit în acționările electronice. Bazele teoretice sînt prezentate pentru cazul general al unui redresor cu m faze. Se deduc funcțiile de transfer pentru variații ale turației provocate atît de unghiul de comandă al redresorului, cît și de cuplul de sarcină.

CZ 539.185.08

IONESCU, G. :

Evoluția selectorilor de neutroni

Automatica și electronica, III(1959) nr. 1, p. 27—39

Se face un scurt istoric al dezvoltării selectorilor de neutroni, după care se discută termenii folosiți actualmente în tehnica nucleară. Se prezintă apoi diferitele tipuri de selectori de neutroni existenți, cum și caracteristicile (performanțele) lor. Se face o discuție relativ la domeniile de energie în care se pot folosi diferitele tipuri de selectori de neutroni.

NOTE DE LABORATOR, p. 40—43
CRONICĂ, p. 43
NOTE ȘI COMENTARII, p. 44—46
RECENZII, p. 47—48

INSTITUTUL DE FIZICĂ ATOMICĂ
AL ACADEMIEI R.P.R.

Laboratorul de maşini electronice de calcul, *primeşte spre rezolvare din partea instituţiilor de Stat sau cooperatiste, probleme de calcul numeric din următoarele domenii:*

Tabelări de funcţii. Formule în care intervin funcţii: algebrice, trigonometrice, eliptice, exponenţiale, logaritmi, funcţii Bessel, etc.
Sisteme de ecuaţii liniare.
Ecuaţii algebrice şi transcedente.
Unele tipuri de ecuaţii şi sisteme de ecuaţii diferenţiale.

*

Calculele se pot face cu valori reale sau complexe

*

Se pot adresa şi cereri de probleme în afara categoriilor menţionate mai sus, din orice domeniu cu importanţă ştiinţifică sau economică.

*

Cererile se vor adresa în scris la:
INSTITUTUL DE FIZICĂ ATOMICĂ
Bucureşti, C.P. 35

Lămuriri suplimentare pot fi obţinute la telefon:
16 45 80 interior 145

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. III (p. 1—48) Nr. 1, ianuarie—februarie București, 1959

MŰSZAKI KÖNYVTÁR·ORSZÁGOS·MŰSZ·KÖNYVTÁR

Semnificația istorică a Congresului XXI al P.C.U.S.

O profundă impresie au produs în lumea întreagă giganticele obiective constructive pe care Congresul al XXI-lea le-a pus în fața popoarelor Uniunii Sovietice. Amploarea operei de construire desfășurată a comunismului oglindește posibilitățile inepuizabile de care dispune statul sovietic, ca urmare a măreților realizări obținute pînă în prezent sub conducerea P.C.U.S. pe calea construirii socialismului. Realizarea planului septenal va însemna înaintarea victorioasă a Uniunii Sovietice spre comunism, întărirea întregului lagăr socialist și al forțelor păcii din întreaga lume. Prin importanța sarcinilor pe care și le-au asumat oamenii sovietici și-au cucerit stima, admirația și dragostea oamenilor muncii de pretutindeni. Exemplul luminos al U.R.S.S. insuflă luptei pentru socialism și pace, un nou avînt și aduce dovezi de netăgăduit că socialismul asigură o creștere mult mai rapidă a forțelor de producție decît capitalismul și că această dezvoltare este pusă în slujba celor mai înalte năzuințe ale oamenilor muncii.

Țările socialiste au apreciat însemnătatea istorică pe care Congresul al XXI-lea o are pentru propriul lor viitor. Ca urmare a septenalului, în anul 1965, lagărul socialist va produce mai mult de 50% din producția industrială mondială afirmînd în mod concret superioritatea absolută a sistemului mondial al socialismului. Fidelă învățăturii marelui Lenin despre rolul primului stat socialist, Uniunea Sovietică a acordat tuturor țărilor care construiesc socialismul un sprijin frățesc, internaționalist. Impetuosul avînt al economiei socialiste va asigura o sporire importantă și în viitor a ajutorului pe care U.R.S.S. îl va acorda, în toate domeniile de activitate, tuturor țărilor din lagărul socialist.

Planul septenal creează condiții pentru o permanentă extindere a relațiilor de colaborare și într-ajutorare dintre țările socialismului. Îndeplinirea septenalului va exercita o uriașă influență în rîndurile tuturor popoarelor lumii, va spori și mai mult puterea de atracție a ideilor marxism-leninismului. Cifrele dezvoltării vertiginoase viitoare a tuturor ramurilor economiei U.R.S.S. indică, fără tăgadă, că în viitorii 7 ani primul stat socialist va întrece economicește țările capitaliste cele mai dezvoltate și va făuri cel mai înalt nivel de trai din lume.

Congresul al XXI-lea a lansat o chemare înflăcărată la întrecerea pașnică între sistemul socialist și cel capitalist. Această întrecere corespunde intereselor tuturor popoarelor care ar avea mult de profitat de pe urma ei. În cuvîntul de închidere al Congresului, tovarășul N. S. HRUSCIOV *aduce o deosebită contribuție la problema coexistenței pașnice.*

„Dorim — a spus N. S. HRUSCIOV *— să ne întrecem cu țările capitaliste pe tărîm pașnic, să ne întrecem în dezvoltarea forțelor de producție, în dezvoltarea potențialului economic al țării, în creșterea bunăstării materiale și culturale a poporului. Judecătorii vor fi popoarele. Ele vor hotărî care orînduire este mai bună. Sîntem convinși că popoarele vor face o alegere justă și că această alegere se va face fără dezlănțuirea unor războaie între state, fără bombe cu hidrogen și atomice".*

Congresul extraordinar al P.C.U.S. a exprimat hotărîrea de nezdruncinat a Uniunii Sovietice de a depune și mai departe, alături de toate țările socialiste, toate străduințile pentru apărarea păcii, pentru realizarea coexistenței pașnice cu toate țările — indiferent de sistemele lor sociale.

Uriașele sarcini pe care și le-a asumat poporul sovietic au produs o adîncă impresie.

Astfel în cursul primului septenal, producția globală a industriei sovietice va crește cu aproximativ 80%, cifră care reprezintă sporul producției pe ultimii 20 de ani. În cei cinci ani care vor urma septenalului, pe această bază,

Uniunea Sovietică va putea întrece nu numai producția globală, dar și cea pe cap de locuitor a Statelor Unite ale Americii, cea mai dezvoltată putere capitalistă. Ritmul înalt de dezvoltare a producției socialiste asigură în mod hotărîtor realizarea acestor obiective. Nivelul investițiilor capitale va fi deosebit de înalt. El reprezintă totalitatea investițiilor făcute în cei 40 de ani de economie socialistă a U.R.S.S. Mecanizarea integrală a proceselor de producție, trecerea pe scară largă la automatizarea complexă, chimizarea, electrificarea completă a țării și folosirea intensă a energiei atomice vor aduce o creștere a productivității muncii cu 45—50%.

Oamenii sovietici vor realiza în cursul acestui septenal o dezvoltare extraordinar de rapidă a sectoarelor agricol, al bunurilor de consum și al locuințelor, beneficiind în același timp de cea mai redusă săptămînă de lucru și anume vor lucra cinci zile și numai cîte 6—7 ore, fiind scutiți totodată de orice impozite. Oamenilor sovietici li se deschide calea spre cel mai ridicat nivel de trai din lume, datorită faptului că septenalul prevede o creștere deosebit de importantă a producției de mărfuri alimentare și industriale. Astfel se prevede o creștere a producției globale a industriei ușoare cu aproximativ 50%, a industriei alimentare cu 70%.

Satisfacerea cerințelor individuale ale fiecărui om vor fi cu mult sporite prin intermediul fondurilor sociale, ale căror rol și însemnătate vor crește permanent.

Dezvoltarea științei se va bucura de atenția deosebită a statului sovietic. Realizarea marilor probleme tehnice pe care le ridică septenalul, cer o permanentă ridicare a nivelului științei, un număr considerabil de cadre tehnice bine pregătite și muncitori cu un înalt nivel tehnic. Septenalul va însemna totodată un pas uriaș spre acele vremuri cînd oamenii muncii vor avea o înaltă pregătire tehnică și culturală, o dezvoltare spirituală tot mai deplină.

Relevînd realizările științei sovietice în toate domeniile, și mai ales în domeniul fizicii nucleare și al energiei atomice, al radiației reactive și al tehnicii rachetelor, Congresul consideră necesar ca în decursul septenalului să se dezvolte și mai rapid toate ramurile științei, să se facă importante cercetări teoretice care să asigure progresul tehnico-științific continuu. Forțele științifice și fondurile trebuie să fie concentrate în principalele sectoare cu importanță practică și teoretică.

În cifrele de control cuprinse în tezele raportului lui N. S. HRUȘCIOV se prevde o extindere considerabilă a automatizării în toate ramurile industriei, fabricarea pe scară largă a aparatajului și a utilajului necesar automatizării, o largă extindere a disciplinelor științifice care deservesc automatizarea. Se prevede dezvoltarea mecanizării și automatizării nu numai a operațiilor de bază, ci și a celor auxiliare, punerea în funcțiune a cel puțin 1 000 linii automate, dezvoltarea producției, mașinilor-unelte cu comandă automată prin program. Producția de aparataj fin urmează să crească în cei șapte ani de 2,5—2,6 ori. Se prevede automatizarea și telemecanizarea liniilor feroviare pe o lungime de 18—20 000 km. Pentru îndeplinirea vastului program de asigurare a progresului tehnic și în primul rînd a automatizării sînt prevăzute multilaterale sarcini de ordin științific și economic. În domeniul automatizării se prevede cea mai mare creștere a numărului de ingineri. Într-o serie de ramuri se preconizează reconstruirea radicală, dezvoltarea și reutilarea tehnică a întreprinderilor existente, pe baza mecanizării și automatizării complexe.

Înaltul nivel tehnic la care s-a ajuns pînă în prezent în domeniul automaticii și al electronicii constituie o chezășie a viitoarelor succese.

Întrezărind în vastul program al construcției comuniste din U.R.S.S. oglindirea propriilor sale aspirații, poporul nostru va pune întreaga capacitate creatoare în slujba intereselor poporului și sub conducerea fermă a P.M.R. va contribui la dezvoltarea permanentă a economiei și a culturii patriei noastre.

Asupra fabricării aparaturii de automatizare în țară

CZ 621-52(R)

Directivele trasate de tov. GH. GHEORGHIU-DEJ în expunerea făcută la 26—28 noiembrie 1958 cuprind lucruri îmbucurătoare pentru acei care activează în domeniul automatizărilor din țara noastră.

Expunerea făcută de tov. N. HRUȘCIOV la Congresul al XXI-lea al PCUS și aceea a tov. I. KUZMIN din mai 1958 cît și realizările impresionante de automatizări în toate domeniile industriale din U.R.S.S., confirmă odată mai mult că aplicarea automatizărilor în industrie își găsește cadrul cel mai potrivit într-o organizație socialistă a industriei.

În legătură cu aceasta, constatările din ultimul timp au arătat în mod neîndoielnic că dezvoltarea automatizărilor în industria noastră este legată de existența unor surse locale de aparatură de automatizare. Pînă acum realizările s-au făcut aproape exclusiv cu aparatură de import și numeroase proiecte pentru industriile de bază au trebuit să fie elaborate tot pe aceeași bază. Ori, aceasta are numeroase inconveniente din care menționăm pe cele mai importante :

a) Procurarea de aparatură din import se face cu mare întîrziere pentru că sînt necesare numeroase formalități și termenele de livrare sînt deseori foarte lungi. Trebuie estimat că de la terminarea unui asemenea proiect și pînă la primirea aparaturii din import poate trece pînă la doi ani.

b) Costul aparaturii de automatizare este ridicat cu tendința de a crește pe măsura introducerii unor sisteme de automatizare mai complexe. Această aparatură trebuie comandată în multe cazuri ca un ansamblu și nu pe etape.

c) Automatizarea proceselor tehnologice pe utilaj existent — cum vor fi numeroase cazuri — imprimă și un caracter experimental realizării automatizării și deci pot apărea ulterior necesități de aparatură, cerință dificil de satisfăcut.

Aceste dificultăți sînt bine știute și ținînd seama de ele este important de a face propuneri pentru ce ar trebui făcut în această direcție în țară. O primă problemă o constituie alegerea principiilor de bază pe care să se dezvolte fabricarea unei aparaturi de automatizare.

Directivele tov. GH. GHEORGHIU-DEJ din 26—28 noiembrie prevăd introducerea semiconductorilor în compunerea acestei aparaturi și aceasta corespunde desigur cu tendința tehnicii moderne. La expozițiile recente consacrate automaticii, două treimi din aparatele expuse erau de natură electronică și în această grupă introducerea semiconductorilor marca un progres important față de trecut.

Trebuie totuși menționat că automatizarea întrebuințează și aparatură hidraulică și mai ales aparatură pneumatică. Sînt domenii industriale foarte importante dintre acelea a căror automatizare este preconizată în directive cum sînt industria petrolului, unele industrii chimice, pentru care specialiștii tehnologi și automatiști sînt susținători hotărîți ai aparaturii pneumatice în partea de măsură și mai ales de execuție.

Concluzia care rezultă este că trebuie să dezvoltăm în țară aparatură de automatizare în primul rînd pe principii electronice și imediat ca importanță aparatura bazată pe principii pneumatice.

Pentru prima grupă — aparatură de natură electronică — s-a creat în ultimii ani într-un institut de specialitate o grupă de cercetători a căror nivel actual ne permite să abordăm realizarea de asemenea aparatură cel puțin pentru elementele mai răspîndite și mai bine cunoscute : unii traductori, regulatori, elemente de execuție. Realizările de prototipuri din acest domeniu asigură certitudinea unui succes în această direcție. Dificultatea principală este lipsa unei unități de fabricație care să pună în producție aceste realizări.

În domeniul aparaturii pneumatice există preocupări de dată mai veche și unele realizări meritorii. Se poate afirma însă, că deși există organizații care au tehnicitatea necesară construirii de asemenea elemente, nu se face sistematic studierea și realizarea de prototipuri de asemenea aparatură la nivelul tehnicii actuale.

În sfîrșit în domeniul aparaturii mixte electropneumatică sau electronopneumatică, care îmbină în unele aplicații avantajele ambelor principii, nu s-a realizat nimic.

Dificultatea fabricării de aparatură de automatizare este legată de cîteva caracteristici ale acestei aparaturi și anume :

Producție de serie mică. Chiar pentru elemente des întrebuințate, producția rămîne de serie mică, și aproape întotdeauna sub 1 000 buc anual, uneori cu mult mai puțin. Din această cauză fabricile organizate pe sortimente de mare producție le vor accepta cu greu în profilul lor ; oricum nu vor avea interes în realizarea și dezvoltarea unei asemenea producții.

Producție foarte variată. Prin diversitatea parametrilor de reglat, a preciziei impuse, a metodelor de citire, de înregistrare locală sau la distanță, aparatura destinată automatizărilor prezintă o variație nesfîrșită. Forțele destinate studierii lor și realizării de prototipuri trebuie să fie într-o proporție cu mult mai mare decît în cazurile obișnuite. Această situație este și mai accentuată într-o fază de început cînd va fi necesară o asimilare de produse în număr mare.

Tehnicitate foarte ridicată. Principiile pe care se bazează asemenea aparatură sînt foarte subtile întrucît de la fenomenele pneumatice se trece la cele cu implicații mai complexe ale electrotehnicii, electronicii, sau din fizica radiațiilor.

O preocupare legitimă este stabilirea eficacității economice a unor asemenea întreprinderi care să realizeze aparatură de automatică. Aceasta depinde de totalul și natura investițiilor prevăzute în industrie pentru că procentul de aparatură de automatizare față de investiția totală este în stadiul actual diferită după industrii. În cazul nostru industriile a căror dezvoltare este considerată ca principală, industria siderurgică, industria chimică a petrolului, a gazelor naturale sînt tocmai printre acelea în care automatizarea a mareat cele mai spectaculoase rezultate. În unele din aceste industrii investiția în automatizări reprezintă în stadiul actual al tehnicii 5—10 % din totalul investiției. În unele mașini-unelte automatizate, procentul a ajuns 30...60 %.

Pe baza unor estimații recente foarte conservative se consideră că într-o perioadă de aproximativ cinci ani, această fabricație, limitată desigur de posibilitatea de asimilare, va trebui să utilizeze 500...600 lucrători direct productivi și aproximativ 200 ingineri și tehnicieni pentru studii și prototipuri.

Pentru realizarea acestei fabricații propunem ca prime măsuri :

1. O anchetă pentru stabilirea specialiștilor care lucrează în conceperea elementelor de automatizare cu specific electronic și pneumatic cu scopul concentrării lor într-un singur loc sau în două (electronic și pneumatic).
2. Întocmirea unei estimații asupra necesarului de aparatură de automatizare de exemplu pentru o perioadă de cinci ani.
3. Întocmirea unui program de fabricație prin dezvoltarea unităților existente și mai ales prin crearea de unități specializate pentru acest domeniu.

În afară de necesitățile interne trebuie luată în considerație și problema exportului. Din expunerea tov. GH. GHEORGHIU-DEJ rezultă că în 1959 peste 15 % din exportul nostru se realizează prin utilaje. Desigur că acest procent va crește în viitor, pe măsura ridicării nivelului producției noastre industriale.

În același timp cerințele de automatizare ale acestui utilaj sau instalații complexe vor fi mai accentuate. Este deci de așteptat ca automatizarea să intre cu un procent crescînd în anii viitori în valoarea exportului nostru.

Înființarea unei fabricații de aparatură de automatizare va asigura și aparatura necesară acestui export, aparatură care actualmente se procură exclusiv din import.

Tf 25/60
LEFORDITVA

TEODOR ÔNCIU *)

Automatizarea în industria minieră

CZ 621-52 : 622

Scopul acestui articol este expunerea anumitor aspecte ale automatizării la minele de cărbuni, realizările în acest domeniu şi sarcinile ce ne revin pentru o cît mai grabnică acţiune de automatizare în industria minieră a R.P.R.

I. PROBLEMELE DE AUTOMATIZARE LA MINELE DE CARBUNI

Prin mecanizare şi automatizare, în industria minieră, se obţine o sporire a producţiei şi productivităţii muncii, reducerea preţului de cost, etc. asigurîndu-se astfel o eficienţă economică necesară cerinţelor economiei socialiste.

Prin mecanizare a crescut într-o măsură foarte mare numărul manipulanţilor de maşini, care prestează în mare parte o muncă cu calificare redusă.

Totuşi, nivelul actual de dezvoltare a tehnicii miniere şi sistemele de lucrări miniere folosite în subteran încă nu permit ca la toate procesele de muncă să se introducă o mecanizare adecvată automatizării.

În industria minieră în subteran — dar şi la suprafaţă — mai sînt procese tehnologice unde alături de maşini şi mecanisme se mai utilizează şi munca manuală.

Pînă în prezent, nu s-au construit şi nu s-au experimentat aparate pentru o automatizare complexă la toate procesele de producţie, deoarece la lucrările miniere, întîlnim particularităţi care îngreunează introducerea automatizării, şi anume :

o mare diversitate a condiţiilor geologice miniere ;

mutarea permanentă a frontului lucrărilor de exploatare şi de pregătire ;

folosirea muncii manuale, alături de operaţii automatizate ;

atmosfera grizutoasă, umiditatea excesivă, praful fin în atmosfera minei ;

lipsa luminii naturale şi insuficienţa celei artificiale.

Este foarte util să ştim că, după o statistică din 1957, în U. R. S. S., unde s-a realizat cel mai mare progres în mecanizarea minelor de cărbuni, se mai executa manual 30 % din lucrările de încărcare în subteran la exploatare şi 47,1 % la înaintare ; că mecanizarea lucrărilor de armare şi de dirijare a coperişului de la exploatare era numai în curs de experimentare, iar deservirea lucrărilor de încărcare se făcea încă în întregime manual. Din totalul lucrărilor de exploatare, care reprezintă 33,2 % din volumul de lucru a extragerii cărbunelui, încă 29,7 % se executa manual şi la 13,2 % se experimenta mecanizarea.

Specialiştii care se ocupă cu automatizarea minelor au ajuns la concluzia că nu se poate realiza de îndată o automatizare complexă, pînă ce nu s-a realizat în prealabil o mecanizare complexă. Pînă atunci este indicat să fie atacate rînd pe rînd diferitele probleme de automatizare parţiale, pentru fazele de lucru deja mecanizate, în aşa fel ca această automatizare să se poată extinde treptat în viitor şi asupra unor procese de muncă învecinate.

Ar fi logic să ne preocupăm în primul rînd de automatizarea proceselor tehnologice cu volum mare de muncă. Din fig. 1 reiese că volumul operaţiilor subterane este de trei ori mai mare decît cel al operaţiilor de la suprafaţa minelor. O treime din volumul total al

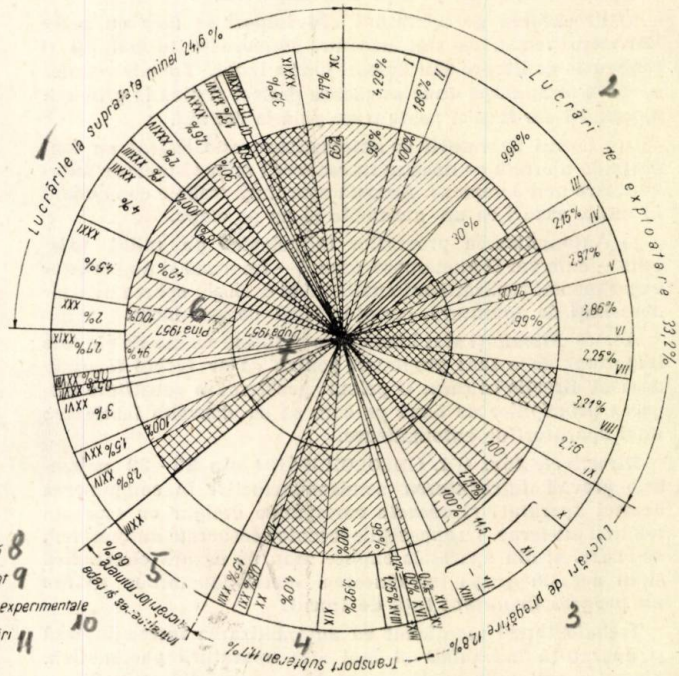


Fig. 1. Situaţia mecanizării şi automatizării la minele de cărbuni din U.R.S.S.

I—havarea şi tăierea; *II* — lucrări de perforare şi puşcare; *III*—încărcarea; *IV*—armarea; *V*— transportul materialelor de armare *VI*—transport de cărbune; *VII* — deservirea locurilor de încărcare; *VIII*—dirijarea coperişului; *IX*—repararea şi deservirea mecanismelor; *X*—lucrări de perforare şi puşcare; *XI*—încărcarea de cărbune şi şist; *XII*— transportul de cărbune şi şist ; *XIII* — armarea; *XIV* — montarea c. f.; *XV* — transportul materialelor de armare; *XVI* — deservirea mecanismelor; *XVII* — transportoare cu bandă; *XVIII* — transportoare cu funie; *XIX* — transport cu locomotivă electrică; *XX* — deservirea drumului de c. f.; *XXI* — transport materiale armare; *XXII*—deservirea mecanizării; *XXIII*— armarea, reparaţiile drumului de c.f., evacuarea şistului, deranjul; *XXIV*—aerajul şi combaterea prafului de cărbune; *XXV*—evacuarea apelor; *XXVI*—deservirea şi repararea mecanismelor de mină; *XXVII*—depozit exploziv; *XXVIII*—alegerea şistului de mină; *XXIX*—lucrări la rampa puţului; *XXX*—extracţia ; *XXXI*—transport la suprafaţă; *XXXII* — prepararea ; *XXXIII* — aerajul; *XXXIV* — lămpăria ; *XXXV* — instalaţii staţionare; *XXXVI* — depozit de materiale; *XXXVII*—racordurile iluminatului ; *XXXIX* — secţia gospodărie şi deservire a suprafeţii; *XC* — încărcarea cărbunelui în vagoane c. f. şi depozitarea.

lucrărilor din mine revine lucrărilor din abataje, circa 13 % lucrărilor de pregătire şi transportul subteran. Totuşi, nu aceste lucrări şi operaţii au fost pentru prima oară automatizate, ci unele operaţii auxiliare, care au o importanţă secundară în ceea ce priveşte

*) Ing. T. ONCIU este conferenţiar la Institutul de Mine Gheorghe Gheorghiu-Dej şi inginer la Combinatul Carbonifer Valea Jiului-Petroşani.

volumul de lucru, dar la care toate operaţiile se pot automatiza (chiar dacă în prezent n-ar fi toate mecanizate) şi la care toate grupurile de maşini şi nu numai unele izolate, intră în procesul tehnologic dat.

Această afirmaţie se dovedeşte simplu şi clar, din aceea că pînă acum s-au automatizat în străinătate :

În prima etapă :

instalaţiile de pompaj principale şi de sector (14%);
extracţia cu skip la mina de adîncime medie (1%); uşile de aeraj (0,2%);
instalaţiile de aeraj principal, (0,8%);
trolii pentru transport cu cablu fără fine (0,25%);
liniile de transportoare staţionare pe plane şi puţuri înclinate miniere (0,25%);

reprezentînd un volum de muncă mediu faptic de 3,95% şi obţinîndu-se prin automatizare o coborîre a volumului de muncă pînă la un procent de 2,44%.

În a doua etapă :

liniile transportoarelor cu raclete la transportul cărbunelui în abataj (1,5%);
şi pentru transportul cărbunelui şi sterilului în lucrările de pregătire (1,2%);
controlul conţinutului de metan (0,2%);
instalaţiile de transport subteran cu trolii (0,5%);
transportoare cu bandă de la suprafaţă (0,25%);
instalaţii de transport cu trolii la suprafaţă (0,25%);
controlul stării de izolaţie a reţelelor electrice (0,1%);
instalaţii de producere a aerului comprimat (1,4%);
schimbarea vagonetelor la suprafaţă (0,2%);
mutarea acelor (0,3%);
troliile de la haldare (0,8%);
sortarea cărbunilor (2,71%);
încărcarea cărbunilor în vagoane CFN (1,7%);
alimentarea cu apă potabilă şi industrială (0,1%);

reprezentînd un volum de muncă mediu faptic de 11,21% şi realizînd o coborîre a volumului de muncă cu circa 8,6%.

În a treia etapă se preconizează :

comanda la distanţă a locurilor de încărcare (2,25%);
automatizarea transportului cu locomotive electrice , (3,92%);
comanda la distanţă a substaţiilor electrice subterane (0,4%);
reglajul vitezei de tăiere la haveuze şi combine (4,2%);
maşini de extracţie mari acţionate cu motoare asincrone (1%);
spălarea şi flotaţia (12,9%) etc.

Problemele de automatizare în Valea-Jiului

Condiţiile de bază pentru automatizare în Valea-Jiului sînt mult mai complicate decît în bazinele carbonifere din U. R. S. S. şi multe alte ţări din următoarele motive : condiţiile specifice de exploatare sînt excepţional de grele şi foarte diferite din localitate în localitate ; mecanizarea nu este familiarizată în măsură satisfăcătoare ; mecanismele folosite nu sînt 100% sigure în exploatare ; nivelul tehnic al personalului din mină nu este suficient de ridicat ; performanţa utilajelor folosite lasă mult de dorit ; organizarea muncii n-a atins încă un nivel destul de ridicat, ca atare mai există şi alte posibilităţi de îmbunătăţire, care duc la creşterea productivităţii muncii, care trebuie realizate înainte de a trece la etapa superioară a automatizării.

La aceasta se mai adaugă lipsa de preocupare în mod sistematic şi ştiinţific a unor tehnicieni cu automatizarea, lipsa de aparataj pentru experimentare.

Totuşi s-a realizat şi în bazinul carbonifer din Valea-Jiului un început de automatizare. Este util să menţionăm aceste lucrări :

aparatul autocalor pentru arderea cărbunilor 6—15 mm în focare unde dozarea cărbunelui şi a aerului de ardere s-a făcut după necesitatea de căldură ;

reglarea automată a alimentării cu apă, a menţinerii presiunii, a temperaturii aburilor, dozarea cărbunilor şi a aerului de ardere, a tirajului, la cazanele de 40 at din Vulcan ;

comanda centralizată cu blocaj a grupurilor de transportoare cu raclete sau cu benzi, în unele abataje din Lupeni ;

circuite automate şi încărcarea mecanică comandată de la distanţă a coliviilor ;

golirea automată a cupelor de steril pe funicular, cu selecţionarea cupelor cu piatră albă ;

cîntărirea semiautomată a producţiei în vagoane sau pe benzi de transport ;

autodeşistorul „Solomon" de la jgheaburile de spălare Rheo ;

staţia de compresoare complet automată pentru alimentarea cu aer comprimat a instalaţiei de comandă a întrerupătoarelor de 6 şi 15 kV din C. E. Vulcan ;

o mare parte a maşinilor de extracţie sînt prevăzute cu dispozitive automate de siguranţă.

Din 1957 s-a început şi în Valea-Jiului folosirea aparatului RUV (releu pentru scurgere la pămînt) pentru declanşarea automată a reţelelor electrice cu izolaţie defectă.

II. AUTOMATIZAREA MINELOR DE CARBUNI IN STRAINATATE

Automatizarea în minele de cărbuni a început, cum s-a mai amintit la lucrările auxiliare, cu procese simple de lucru trecînd de la uşor la greu, la lucrări tot mai importante şi procese de lucru tot mai complexe. În cele ce urmează vom schiţa pe scurt situaţia automatizărilor în străinătate şi la noi.

Procesele de lucru din subteran

La procesele de lucru din subteran nu putem vorbi de o automatizare complexă. De obicei sîntem mulţumiţi dacă reuşim să concentrăm mai multe comenzi la distanţă într-un singur loc.

Automatizarea liniilor de transportoare. Un pas înainte în automatizare înseamnă schema de conexiune pentru acţionarea la distanţă, semnalizare şi blocare folosită la transportoare şi care deşi a fost dezvoltată pentru transportoare staţionare din subteran (planuri înclinate, galerii etc.) este valabilă şi la suprafaţă (preparaţii şi alte complexe de transport).

Sistemul se bazează pe blocarea electromecanică a pornitorului magnetic, în funcţie de starea organului de lucru a transportorului. Aparatele de comandă şi control de la toate transportoarele sînt concentrate la locul de încărcare, în mîna unui singur operator.

Schema asigură :

a) pornirea automată, succesivă, începînd cu transportorul ultim (punctul de descărcare) şi mergînd amonte pînă la primul transportor (punctul de încărcare), controlul pornirii şi intrării în funcţiune, cît şi funcţionarea;

b) temporizarea reglabilă în succesiunea conectării a două transportoare vecine;

c) deconectarea automată a transportorului defect şi oprirea concomitentă a transportoarelor în amonte;

d) pornirea automată a oricărui număr de transportoare începînd cu cel din cap;

e) pornirea independentă a oricărui transportor, pentru repararea lui, reglare etc.;

f) semnalizare acustică bilaterală între postul de descărcare şi încărcare, şi darea semnalului de prevenire înainte de pornire;

g) deconectarea automată a instalaţiei la dispariţia tensiunii în reţeaua de forţă.

Elementul principal al schemelor de automatizare pentru transportoare-elevatoare este releul de viteză. Diferitele scheme propuse se deosebesc în principiu prin controlul succesiunii de pornire a transportoarelor, prin numărul vînelor din cablurile electrice (forţă — comandă — control şi protecţie), cît şi prin complexitatea posibilităţilor de protecţie şi control.

În 1956 au fost aplicate 83 astfel de automatizări în U. R. S. S., realizînd o reducere de efectiv 428 manipulanţi de motoare.

Comanda la distanţă a locurilor de încărcare. O fază de lucru căreia nu i s-a dat pînă în prezent suficientă atenţie pentru a fi mecanizată, este încărcarea vagonetelor sub roluri, sau sub benzi de transport. În prezent se lucrează la perfecţionarea mecanizării şi la introducerea automatizării la încărcarea vagonetelor. Deocamdată instalaţia nu lucrează complet automat, ea capătă impulsuri de pornire şi oprire de la un post de comandă, în funcţie de sosirea garniturii goale şi scoaterea garniturii încărcate. În intervalul dintre aceste două impulsuri instalaţia lucrează complet automat. Ea constă din :

Lanţ transportor pentru mişcarea vagonetelor sub gura de încărcare. Înaintarea se face sacadat, cu întreruperi pe durata încărcării vagonetului de sub rol.

Încărcătorul culbutant automat aşezat deasupra vagonetelor, care dirijează cărbunele şi care asigură ca pe durata schimbului între vagonetul plin şi gol, materialul să nu cadă pe vatră.

Un vibrator care asigură îndesarea cărbunelui în vagonet.

Comanda la distanţă a troliilor de la transportul cu funia fără fine. În U. R. S. S. se foloseşte în prezent în multe locuri funia fără fine pentru antrenarea vagonetelor. Aceasta este cazul mai ales la planurile înclinate. Deocamdată nu se prevede decît comanda la distanţă a instalaţiei, care necesită azi pe lîngă un mecanic şi un personal numeros pentru deservirea funicularului pe parcurs. (Agăţarea şi dezgăţarea vagonetelor, împingerea lor pe rampele de recepţie).

Introducerea comenzii de la distanţă a troliului instalaţiei cu funie fără fine, eliberează mecanicul troliului, majorează debitul instalaţiei cu 8—10% datorită scurtării pauzelor şi datorită excluderii greşelilor de manevră, în sfîrşit ridică securitatea instalaţiei de transport.

Automatizarea transportului cu locomotive electrice. În ultimul timp se dă o atenţie tot mai mare problemei automatizării şi comenzii la distanţă a transportului cu locomotive electrice.

Baza o formează :

crearea aparatajului necesar pentru semnalizarea, centralizarea şi blocarea acţionării la distanţă respectiv automatizării schimbării macazelor;

comanda la distanţă a locomotivelor electrice;

automatizarea cuplării şi decuplării vagonetelor;

curăţirea automată a vagonetelor etc.

În unele mine, s-a ajuns să se micşoreze efectivul de mecanici de locomotive cu 30% şi să se reducă numărul locomotivelor în funcţiune, în aceeaşi proporţie.

În U. R. S. S. se fabrică în serie aparatajul pentru semnalizare, centralizare şi blocare în cadrul transportului cu locomotive. Aceste instalaţii se pot folosi atît la locomotivele cu troleu cît şi la cele cu acumulatori.

Întregul transport se dirijează cu dispecer care cu ajutorul unei scheme de transport supraveghează şi comandă manevrele la punctele de încărcare şi descărcare. Cu ajutorul unor relee — blocate între ele — dispecerul cuplează semnalele luminoase necesare reglării serviciului de transport, şi dă comanda pentru schimbarea poziţiei macazelor. Transportul se desfăşoară după un mers al trenurilor stabilit în prealabil.

În 1951 s-a introdus pentru prima oară la transportul subteran cu locomotive telefonia cu frecvenţă înaltă, dirijată de-a lungul unui conductor. În felul acesta este asigurată legătura directă a mecanicului de locomotive în plin mers cu dispecerul de la transport sau prin comutare corespunzătoare, cu orice post din reţeaua telefonică a minei. Drept conductă, de-a lungul căreia are loc dirijarea undelor

de înaltă frecvenţă, serveşte conducta troleu (firul de cale).

În multe locuri se practică deservirea la distanţă a punctelor de încărcare cu locomotive electrice comandate prin impuls de joasă şi înaltă frecvenţă. Prin comandă la distanţă se poate realiza pornirea, accelerarea şi oprirea locomotivelor, fără intervenţia mecanicului, aşa cum cere transportul, respectiv cum dirijează dispecerul.

Controlul automat al stării de izolaţie a reţelei electrice din subteran. Un pericol mare reprezintă pentru personalul instalaţiilor electrificate, deci şi a minelor de cărbuni, atingerea involuntară a unor conductori sau a unor corpuri metalice, care au ajuns în mod nedorit la un potenţial ridicat faţă de pământ.

Un control al stării de izolaţie este de mai mult timp practicat la suprafaţă prin voltmetre — în subteran cu lămpi de licărire. Eficacitatea acestui procedeu, la care deteriorarea stării de izolaţie se indică numai, dar pericolul persistă cît timp instalaţia se menţine sub tensiune, este foarte redusă. O soluţie la un nivel tehnic mult mai ridicat prezintă aparatele de control a stării de izolaţie şi de scurgere la pământ, care nu numai indică, dar şi decuplează în mod automat reţeaua defectă, îndată ce curentul de scurgere poate să ajungă la o valoare periculoasă pentru om.

Instalaţii staţionare din subteran şi de la suprafaţă

Instalaţiile staţionare din subteran şi de la suprafaţă sînt acelea care se pretează în mod deosebit la o automatizare completă. Procesul tehnologic uneori este simplu — constă din pornire, mers normal fără multe surprize, şi oprire (pompe, compresoare), altădată constă din faze de lucru care se repetă în mod ritmic (maşini de extracţie), condiţiile de lucru sînt simple, nu prea variază cu specificul minier. Ca urmare, în străinătate, aceste instalaţii au fost automatizate în primul rînd şi ele se vor putea automatiza şi la noi mai curînd.

Evacuarea apelor. În U. R. S. S. s-au dezvoltat trei tipuri de pompe automate:

pompe de repompare, cu debit mic şi înălţime de refulare mică, cu motoare de joasă tensiune pînă la 10 kW;

pompe de sector, cu debit mijlociu şi înălţimi de refulare mijlocii, cu motare de joasă tensiune pînă la 130 kW;

pompe principale, cu debit mijlociu şi mare şi înălţimi de refulare mijlocii şi mari cu motoare de înaltă tensiune, pînă la 1 000 kW.

Problema principală constă totdeauna în asigurarea umplerii sorbului şi a pompei cu apă, înainte de pornire. Soluţia cea mai simplă, în ceea ce priveşte asigurarea umplerii pompei şi a conductei de aspiraţie constă în folosirea pompelor cu axă verticală, avînd pompa şi uneori chiar motorul scufundat în jomp.

Pompa primeşte impulsul de pornire cînd nivelul apei a depăşit pompa, astfel că pompa şi sorbul sînt cu siguranţă umplute cu apă. În cazul cînd pompa nu porneşte din cauza unei defecţiuni şi nivelul apei a depăşit limita maximă admisibilă, un claxon plasat în galeria de transport dă semnal de alarmă, care poate fi transmis mai departe la dispecer de oricare trecător. Un ventil cu clapetă de reţinere asigură ca apa din conducta de refulare să nu se scurgă înapoi.

În cazul folosirii pompelor cu axă orizontală, montate deasupra jompului, în nişe la nivelul galeriei, instalaţia se deosebeşte de cea precedentă prin dispozitivul de reumplere a pompei şi a sorbului.

Pompa nu aspiră de-a dreptul din jomp ci din acest rezervor, care, îndată ce scade întrînsul nivelul apei sub gura superioară a sorbului, se reumple sub efectul vidului. Condiţia este ca rezervorul să nu fie montat mai sus decît 8 m deasupra nivelului inferior al apei.

Pentru a asigura o protecţie la nivel înalt a instalaţiei electrice, au fost elaborate diferite dispozitive de pornire cu aparataj de protecţie special

La unele staţii, umplerea pompelor şi a tubului de aspiraţie cu apă se face cu ajutorul acumulatoarelor hidraulice.

Pornirea şi oprirea automată a pompelor se realizează cu ajutorul releului pneumatic de nivel.

Pentru protecţia şi controlul echilibrării presiunii axiale se întrebuinţează un releu pneumatic special.

O altă problemă la funcţionarea nesupravegheată de om a pompelor este controlul ungerii lagărelor pompei şi a electromotoarelor.

Protecţia lagărelor contra supraîncălzirii se realizează cu termoelemente, amplasate în corpurile lagărelor.

La staţii principale de pompare cu pompe pînă la 300 m^3/h şi motoare pînă la 1 000 kW instalaţia de comandă automată se deosebeşte de cea descrisă mai sus prin următoarele:

umplerea automată a pompelor se poate face nu numai cu acumulatorii hidraulici, dar şi cu ajutorul supapelor din conducta de refulare, acţionate prin motoare electrice;

cînd se întîmplă că o pompă nu învinge afluenţa de apă, se cuplează în mod automat şi a doua pompă, asigurîndu-se mersul în paralel a două pompe;

la defectarea uneia din cele două pompe în funcţiune (la afluenţă mare de apă) se porneşte a treia pompă.

Aerajul minelor. Problema automatizării instalaţiilor de aeraj (ventilatoare şi uşi de aeraj) este foarte importantă, fiindcă pentru unele mine, care au degajări de metan, aerajul este calea principală de luptă contra pericolelor de explozie a atmosferei subterane.

Cu automatizarea ventilatoarelor principale, se urmăreşte reducerea numărului de manipulanţi de maşini, iar la cele axiale şi reglarea debitului ventilatoarelor corespunzător necesităţii reale de aeraj, cu scopul de a realiza consumul de energie electrică minim. Ventilatoarele parţiale nu se automatizează, dar se poate face o intervenţie automată în a opri utilajele electrice ale unui sector ameninţat de emanaţii de gaze.

Motivul pentru care se prevede automatizarea uşilor de aeraj este de a asigura o deschidere şi închidere promptă, fără intervenţia omului.

Aici putem menţiona cîteva proiecte ale filialei IPROC din Valea-Jiului, în curs de realizare, în care s-au concentrat în sala maşinii troliile pentru acţionarea clapelor şi s-a prevăzut un tablou pentru semnalizarea poziţiei clapelor, cu blocaj pentru admiterea manevrei clapelor în ordinea prescrisă. Schema se poate extinde, în cazul acţionării prin motoare electrice a troliilor şi la pornire automată.

Primele încercări de a automatiza uşile de aeraj, s-au făcut la combinatul Voroşilovgradugol în legătură cu o instalaţie de extracţie cu skip.

În decursul încercărilor, care au durat aproximativ o lună, circa 180 000 vagonete au trecut prin aceste uşi. Viteza maximă la traversarea uşilor era de 4 km/h. După ce s-au pus în funcţiune cele patru uşi experimentale, au devenit disponibili 24 manipulanţi de uşi de aeraj, în schimb au fost necesari trei lăcătuşi (cîte unul pe schimb). Pierderile de aer s-au redus la 68% faţă de uşi de lemn. Timpul de închidere durează 2—2,5 s. Uşile sînt simple şi lucrează complet automat.

Se practică şi distribuţia curenţilor de aer prin reglarea automată a registrelor de aeraj cu comanda de la distanţă prin grizumetre prevăzute cu relee, anemometre electrice şi servomotoare.

Staţiile de compresoare. Scopul automatizării comenzii compresoarelor este în afară de reducerea personalului de manipulare, şi o mai bună gospodărire a energiei folosite pentru producerea aerului comprimat. Comanda automată şi de la distanţă a staţiilor de compresoare se face în funcţie de presiunea şi debitul aerului comprimat.

În 1957 s-au făcut în U. R. S. S. primele încercări de automatizare a compresoarelor. Anul 1957 a servit pentru experimentare; introducerea aparatajului pentru uz general s-a prevăzut pentru anul 1959.

În privinţa automatizării compresoarelor, s-au făcut oarecare încercări încă de acum 35 de ani. Deoarece reglarea debitului prin reglarea turaţiei la acţionare cu motor asincron nu este realizabilă, s-a recurs la reglarea prin oprirea şi pornirea compresorului. Astfel pentru adaptarea compresoarelor electrice la consumul cerut de exploatare, s-au prevăzut contactoare manometrice, care la depăşirea presiunii opreau compresorul, iar la atingerea unei presiuni minimale, porneau compresorul. Cum pornirea automată a motoarelor mai mari cu inele şi rotor bobinat încă n-a fost atunci rezolvată, sistemul s-a aplicat la compresoare mici cu motoare în scurtcircuit. Această variantă a automatizării compresoarelor mici s-a generalizat. La U. E. Vulcan există o staţie de compresoare pentru producerea aerului comprimat necesar la întrerupătoarele de înaltă tensiune (stingerea arcului voltaic şi acţionarea la distanţă a întrerupătoarelor).

Instalaţiile de extracţie. Automatizarea instalaţiilor de extracţie s-a extins asupra: *a*) maşinii de extracţie; *b*) închiderii ferestrei puţului la rampe; *c*) încărcării skipului sau a coliviilor şi circulaţiei vagonetelor la rampe.

a. *Maşina de extracţie.* Maşina de extracţie este o instalaţie unde aceleaşi manevre se repetă ritmic în permanenţă, deci întruneşte în mod special condiţiile necesare pentru automatizare. La comanda automată se desfăşoară întregul proces de extracţie, adică:

ridicarea frînei;
ridicarea şi oprirea coliviei deasupra tacheţilor prin închiderea frînei;
înlăturarea tacheţilor;
alegerea direcţiei de mişcare;
ridicarea frînei şi accelerarea maşinii pînă la viteza maximă;
mişcarea uniformă, cu viteza maximă;
încetinirea maşinii de extracţie, pînă la atingerea „vitezei de tîrîre" (circa 0,5 m/s);
mişcarea uniformă, cu „viteza de tîrîre" pînă la punctul de oprire a coliviei deasupra tacheţilor;
oprirea coliviei şi introducerea tacheţilor sub colivie;
coborîrea coliviei pe tacheţi;
oprirea maşinii prin închiderea frînei.

Observaţie: În timp ce la noi folosirea tacheţilor a fost suprimată la puţuri cu adîncimi sub 300 m încă de acum 25 de ani, în U. R. S. S. se folosesc tacheţii la cea mai mare parte a instalaţiilor.

În cazul neutilizării tacheţilor, fazele de automatizare se simplifică în mod corespunzător.

Toate fazele automatizării se realizează datorită unor dispozitive care declanşează automat diferitele manevre şi concomitent le şi controlează. În felul acesta sînt înlăturate toate nepotrivirile care incumbă în mod inevitabil unor manevre executate de om şi anume: întîrziere în executarea manevrei, greşeli de manipulare, neuniformitatea în realizarea diferitelor faze de extracţie, datorită cărora timpul de extracţie teoretic este de obicei mult depăşit şi este diferit de la caz la caz.

În afară de aceasta, la instalaţiile de extracţie automate şi supravegherea instalaţiei, a doua sarcină a mecanicului (în afară de comandă), se transmite unor dispozitive de control care

funcţionează în mod sigur şi care acţionează imediat la :

depăşirea vitezei admise ;
alunecarea cablului ;
decalarea indicatorului de adîncime ;
încălzirea inadmisibilă a lagărelor şi a bobinajului ;
uzura inadmisibilă a frînei şi alte defecţiuni.

Problema automatizării maşinilor de extracţie este tratată în fiecare ţară în feluri diferite :

Acolo unde debitul real al puţului rămîne sub capacitatea de extracţie a maşinii, automatizarea este văzută ca un balast şi un lux nejustificat, deoarece cheltuielile de investiţie nu se amortizează decît foarte încet şi de obicei nici o reducere a efectivului nu se poate realiza.

În schimb, cînd debitul real al puţului atinge sau chiar depăşeşte capacitatea normală de extracţie, automatizarea este singura modalitate de a mai mări capacitatea de extracţie cu 15—20 % fără a aduce o modificare a instalaţiei de extracţie propriu-zise existente.

Evident, instalaţia automată de comandă, pune condiţii de exploatare mai severe decît cea manuală :

construcţia puţului , cu ghidajele,
părţile solicitate mecanic a instalaţiei ca : moletele, cablurile de extracţie, coliviile,
automatismul multiplu şi complicat, trebuie să se găsească într-o stare de funcţionare perfectă.

Pentru menţinerea în bună stare a aparatajului multiplu şi complicat al automatizării se necesită o îngrijire regulată şi conştiincioasă, executată de personal specializat şi bine instruit.

O instalaţie automată de extracţie pune condiţii severe şi instalaţiilor anexe şi pretinde o desfăşurare ritmică şi fără întreruperi a alimentării instalaţiei cu materialul de extras.

Faza de automatizare şi soluţiile aplicate diferă de la caz la caz : se rezolvă relativ simplu la maşini de extracţie cu motor continuu alimentate de la grup M.G. sau redresoare cu mercur, în schimb automatizarea instalaţiilor cu motor asincron este cu mult mai complicată. De asemenea se pun alte condiţii la extracţia cu skip şi altele la extracţia cu colivii.

Problema automatizării maşinii de extracţie s-a ridicat în U. R. S. S. abia în 1955, dar de atunci s-a realizat un progres foarte mare ; în 1956 au fost două instalaţii cu skip complet automatizate iar în 1957 s-a realizat automatizarea a încă 18 instalaţii cu skip.

În afară de maşini mari de extracţie s-au automatizat în U. R. S. S. şi maşini cu motoare de 70—130 kW.

Sînt instalaţii de extracţie unde la începutul schimbului, după verificarea instalaţiei, se apasă butonul pentru funcţionarea automată şi instalaţia de extracţie funcţionează ritmic, fără întrerupere pînă la sfîrşitul schimbului, fără ca să fie necesară intervenţia mecanicului.

Sînt însă şi instalaţii la care pentru fiecare extracţie este necesară o comandă de la rampele puţurilor, realizată prin sistemul de semnalizare „gata", la care automatizarea se referă numai la operaţiile propriu-zise de mişcare a maşinii de extracţie şi pentru fiecare caz în parte trebuie să fie declanşată printr-o comandă.

În privinţa acestor instalaţii situaţia în Valea-Jiului este următoarea :

Instalaţii de extracţie complet automatizate nu avem, dar nici nu sînt create condiţiile pentru a putea introduce o automatizare completă.

În schimb, cele mai multe faze de lucru au fost mecanizate la puţurile principale şi multe faze ale proceselor de lucru au trecut în studiul automatizării, astfel că automatizarea completă a instalaţiilor de extracţie cu colivie va putea fi cu uşurinţă realizată, fără schimbări esenţiale ale procesului tehnologic, îndată ce şi condiţiile de bază ale automatizării vor fi create.

Aşa de exemplu, circuitul automotor al vagonetelor în subteran împrejurul puţurilor este deja realizat, încărcarea şi golirea coliviilor la toate puţurile mari şi chiar la o parte a puţurilor mici se execută prin comanda centrală de la distanţă a frînelor, opritoarelor şi împingătoarelor.

Ţinînd seama de rezultatele de pînă acum, pînă la introducerea automatizării complete va fi necesar să se elimine deficienţele mecanizării încărcării coliviilor.

La maşinile mari de extracţie sînt foarte multe circuite de protecţie automatizate şi în prezent, ca de exemplu :

oprirea la suprariidicare ;
oprirea la dispariţia tensiunii ;
oprirea la depăşirea vitezei maximale ;
reglarea automată a procesului de extracţie prin came de comandă (deci nu prin compararea vitezei reale cu cea cerută care este o fază de automatizare mai avansată) ;
oprirea la uzarea bacurilor de frînare.

b) *Închiderea ferestrei puţului.* Închiderea ferestrei puţului este o problemă care a preocupat proiectanţii şi tehnicienii din exploatare încă de la începutul mecanizării extracţiei. Aşa la minele Lonea I, II, III, construite în 1912—14, deschiderea şi închiderea uşii puţului se comandă cu colivia. La puţul central Petrila, construit în 1942—45, uşile rampei de la suprafaţă se comandă de la distanţă pe cale pneumatică. La mina Vulcan, la unele puţuri, uşile se deschid şi se închid de asemenea pneumatic.

În mecanizarea şi automatizarea completă a extracţiei prezintă interes utilizarea celulei fotoelectrice la comanda uşilor de la rampe. Întreruperea fascicolului de lumină care se revarsă pe celula fotoelectrică, prin mijlocirea

unui nas de pe colivie dă impulsul cu prilejul sosirii la înălţimea prevăzută, pentru :

mecanic (sau pentru sistemul de blocaj al automatismului de extracţie) să oprească colivia ;
uşi să se deschidă ;
dispozitivul de împins vagonetele pentru a schimba vagonetele din colivie.

În cazul de faţă, automatizarea mai îndeplineşte şi un rol social important : prevenirea accidentelor.

c) *Încărcarea skipului sau a coliviilor şi circulaţia vagonetelor la rampe.* La instalaţiile de extracţie cu skip, sau cu colivii, pentru majorarea eficacităţii automatizării, se extinde automatizarea şi asupra lucrărilor la rampele puţurilor.

Instalaţia de pe rampa puţurilor pentru golirea automată a vagonetelor constă din :

pante automotoare pentru apropierea trenului de la gara plinelor la culbutor ;
frînele dinaintea culbutorului şi a dispozitivului de împins vagonetele ;
culbutorul ;
pîlnia pentru acumularea cantităţii de produs care intră în skip ;
panta automotoare, urmată de lanţ elevator pentru aducerea vagonetelor în gara de pornire a trenurilor.

Soluţia se deosebeşte după cum transportul se face cu vagonete cu volum mic sau vagonete cu volum mare, şi dacă vagonetele pentru a fi golite se decuplează unul de altul sau nu.

Procesele de lucru de la suprafaţă

La suprafaţa minei sînt de executat mai multe faze de lucru în legătură cu schimbarea vagonetelor, golirea cărbunilor, transportul de la puţul de extracţie pînă la silozurile de încărcare, sortarea mecanică şi spălarea cărbunelui, încărcarea cărbunilor în vagoane de C. F. N., golirea în stocurile de avarii şi încărcarea din acestea, transportul sterilului la haldă şi golirea lui, manipularea lemnelor de mină şi altele.

Aici, în condiţiile de la suprafaţă, tehnologia actuală a proceselor de lucru poate şi trebuie să fie reconstituită în aşa fel, ca să fie în întregime mecanizată, iar automatizarea să fie extinsă pînă la maximum.

Cu toate că în U. R. S. S., la procesele de la suprafaţă nu se ocupă decît cel mult 25% din totalul efectivului şi că automatizarea complexă cere chiar modificări esenţiale ale instalaţiilor de la suprafaţă, totuşi se dă începînd din 1956 o atenţie tot mai mare problemelor de automatizare de la suprafaţă, urmîndu-se trei căi deosebite :

mecanizarea completă şi automatizarea cea mai extinsă la minele noi proiectate ;

modificarea actualului proces tehnologic în aşa fel ca să fie accesibilă automatizării complexe ;

menţinerea procesului tehnologic existent şi dezvoltarea mecanizării în toate detaliile, astfel ca prin comenzi la distanţă şi în oarecare măsură prin automatizări, să se realizeze reducerea maximă posibilă de efectiv.

Aceasta din urmă situaţie este mai mult asemănătoare cu cea realizabilă în Valea-Jiului.

Situaţia la minele din Valea Jiului este deosebită, deoarece din lipsă de modele bune, experimentate, şi la proiectele de deschidere de noi mine întocmite în ţară, unele faze sînt automatizate (golirea şistului de pe funicular, spălarea zgurii de sub cazane) dar automatizarea complexă ar cere modificări esenţiale în tehnologia existentă (trecerea extracţiei cărbunelui de la colivii cu vagonete, la skip).

Problema automatizării proceselor de lucru de la suprafaţa minelor din Valea-Jiului este cu atît mai interesantă, cu cît aici se foloseşte 30—35% din posturile total prestate ale minei.

Primul pas pentru o automatizare complexă a proceselor de lucru de la suprafaţă este separarea extracţiei de cărbune de cea a pietrei, cît şi de celelalte transporturi pe puţ. În acest sens a fost întocmit proiectul „Lenghiprosşah" pentru Uricanii-Noi şi în acest sens a început să se contureze proiectul de deschidere a puţului Iscroni. La minele existente, cu excepţia puţurilor 7 Noiembrie şi 7 Vest Vulcan, unde cele două compartimente de transport deservesc extracţia producţiei respectiv celelalte transporturi, această schimbare este destul de complicată şi implică modificări esenţiale şi în subteran.

Studiile privind automatizarea complexă a suprafeţelor minelor din Valea-Jiului vor trebui să lămurească în ce măsură este justificată, fie abandonarea completă a actualei extracţii mixte prin colivii cu vagonete sau cu cărbune sau cu piatră, fie menţinerea acestui sistem, care la puţurile principale poate fi considerată ca în întregime mecanizată, începînd cu schimbarea vagonetelor în colivie cu împingătoare, circuit automat şi culbutare semiautomată.

Tot aşa şi evacuarea pietrei are un proces destul de bine mecanizat : dirijarea vagonetelor cu piatră după scoaterea din colivie, pe un alt traseu decît cel al cărbunelui, la funicular şi pe funicular la haldă, golirea la haldă (pe traseu sau la staţia finală) putîndu-se realiza şi automat.

Cu totul de altă natură este procesul tehnologic la preparaţii. Faţă de situaţia din U. R. S. S unde de obicei cărbunele extras se clasează numai şi se încarcă în vagoane, în Valea-Jiului avem o însilozare a cărbunelui brut, apoi o sortare urmată de spălare, flotare, uscare, brichetare, semicocsificare, şi în fine încărcare. Aici pentru o parte a fazelor de lucru avem o mecanizare suficient de dezvoltată şi de aşa natură că o comandă de la distanţă, combinată cu blocare, de genul celor arătate pe liniile de

transportoare în subteran, este uşor realizabilă. De asemenea şi încărcarea în vagoane C. F. N. este aptă de a fi automatizată cu ajutorul mecanizării existente.

Mai dificilă este automatizarea spălării şi flotaţiei, întrucît pe lîngă mecanismele de transport mai intervin aici şi mecanismele speciale de spălare respectiv flotaţie care în cazul automatizării vor trebui să se adapteze fără intervenţia străină permanentei variaţii a materialului de tratat, cu scopul de a obţine produse de aceeaşi calitate (granulaţie, conţinutul de cenuşă, umiditate).

III. CERINŢELE FAŢA DE UTILAJUL DE MINA, CARE URMEAZA SA FIE TRECUT LA COMANDA LA DISTANŢA, RESPECTIV LA AUTOMATIZARE

Comanda la distanţă respectiv automatizarea sînt metode de exploatare avansate faţă de cele normale. Prin urmare şi utilajele, aparatele şi racordurile trebuie să devină apte acestui fel avansat de exploatare şi anume :

calitatea utilajelor etc. trebuie să fie în aşa măsură îmbunătăţită ca să poată asigura o funcţionare fără deranjamente pe timp îndelungat, reviziile periodice fiind suficiente pentru menţinerea lor în stare de funcţionare ;

în construcţia mecanismelor, utilajelor, motoarelor, aparatelor trebuie să se facă toate modificările care se cer de a putea realiza operaţiile sau fazele de lucru care caracterizează automatizarea, ca de exemplu : acţionarea la distanţă, controlul funcţionării, blocări, controlul temperaturii, fără a fi necesare improvizări.

Situaţia devine mult mai dificilă atunci cînd instalaţiile, mecanismele, aparatajele etc. existente şi de construcţie normală trebuie adaptate automatizării.

De aici reiese că la automatizarea unor instalaţii existente nu este suficient de a întocmi o schemă potrivită de automatizare, ci trebuie determinate posibilităţile de adaptare pentru automatizare. Aşa de exemplu, pentru a automatiza o staţie de pompe existentă sînt necesare diverse adaptări, care se pot realiza cu mai puţine sau mai multe dificultăţi şi anume :

la pompe :

completarea cu termometre electrice indicatoare, cu contacte de avertizare sau deconectare la atingerea temperaturii limită, pentru controlul funcţionării lagărelor ;

aplicarea unui dispozitiv pentru indicarea la distanţă a stării echilibrării presiunii axiale ;

completarea sistemului de gresare în aşa fel ca să se poată controla la distanţă circulaţia uleiului, temperatura, etc., în cazul gresării cu ulei în circuit închis, verificarea răcirii, a funcţionării motorului pentru circulaţia uleiului ;

aplicarea la ventile-registre a unei acţionări prin motoare comandate la distanţă ;

adaptarea conductei de refulare pentru a putea folosi coloane de apă din conductă, la umplerea pompei, cu posibilitatea verificării :

la întrerupătorul motorului pompei :

completarea cu dispozitiv electric (motor) sau electromagnetic pentru acţionare la distanţă şi completarea circuitului de comandă cu bloc contacte pentru intercalarea diverselor circuite de blocări, controalele de temperatură etc. ;

la motorul pompei :

completarea cu termometre electrice indicatoare şi cu contacte de comandă la atingerea temperaturii-limită în statorul motorului şi la lagăre ;

aplicarea unui dispozitiv pentru pornirea motoarelor mari cu inele colectoare şi rezistenţe variabile ;

aplicarea unui dispozitiv care să indice debitul pompei şi să dea impuls la nerealizarea debitului normal.

Neexecutarea acestor completări sau realizarea lor în condiţii nepotrivite poate compromite automatizarea.

În concluzie, automatizarea instalaţiilor existente este o problemă care trebuie tratată de la caz la caz pînă ce automatizarea instalaţiilor nou proiectate, se poate rezolva după scheme model cu aparataj fabricat în mod curent.

IV. SITUAŢIA ACTUALA A AUTOMATIZARII ŞI REZULTATELE INTRODUCERII AUTOMATIZARII LA MINELE DIN U. R. S. S.

Stadiul actual al automatizării în minele de cărbuni din U. R. S. S. diferă de la regiune la regiune şi de la combinate la combinate, deoarece :

n-au putut fi atacate în toate părţile şi concomitent, cu aceeaşi intensitate problemele de mecanizare, din lipsa de aparataj suficient ;

nu la toate instalaţiile existente, cu anumit proces tehnologic înrădăcinat, poate fi aplicat un sistem de automatizare standard, deci o mare parte a instalaţiilor existente destinate automatizării trebuie tratate individual.

În afară de lucrările de automatizare complexe s-au realizat multe automatizări parţiale, cît şi comenzi la distanţă concentrate şi se execută punerea la punct a unor automatizări complexe, cum este cea a :

staţiilor de compresoare ;
funicularelor pentru şist ;
circuitelor din împrejurul casei puţului etc.

Prin realizarea consecventă a programului de automatizare numai la un singur combinat se va putea reduce efectivul actual de circa 88 oameni pe 1 000 tone pe zi producţie, la cel mult 51 oameni pe 1 000 tone pe zi, aici fiind incluşi şi lăcătuşii şi electricienii necesari întreţinerii instalaţiilor automatizate.

Cu introducerea automatizărilor se ocupă în U. R. S. S. două întreprinderi iar cu adaptarea instalaţiilor automatizate unor condiţii mai bune de lucru, o întreprindere specială.

Efectele economice se manifestă prin faptul că datorită reducerii personalului de deservire, aparatajul pentru automatizare se amortizează într-un timp relativ scurt de 1—2,5 ani. Este adevărat că nu posedăm încă date statistice suficiente cu privire la cheltuielile de întreţinere a aparatajului automatizării, după ce uzura va începe să se manifeste.

După cum am mai arătat există o deosebire importantă între automatizarea complexă a unor mine deja în funcţiune şi între minele nou proiectate. Totuşi şi la minele existente, mecanizarea complexă a suprafeţei poate să aducă reduceri simţitoare în efectiv (20 % la automatizări parţiale şi 50 % la cele complexe) şi reducerea preţului de cost cu o investiţie (de la 1—2 milioane ruble) care într-un timp relativ scurt de 1,5—2,5 ani se amortizează.

Avantajul automatizării complexe la minele nou proiectate iese şi mai mult în evidenţă dacă se face o comparaţie între necesitatea de lucrători pe diferite procese tehnologice la minele cu aceeaşi producţie şi din aceeaşi regiune (deci pentru condiţii de exploatare şi organizare sensibil identice) specialiştii afirmînd că la exploatări noi, complet automatizate, efectivul muncitoresc de la suprafaţă, poate fi redus cu 1,9—3,6 ori faţă de efectivul de la minele existente cu aceeaşi producţie anuală.

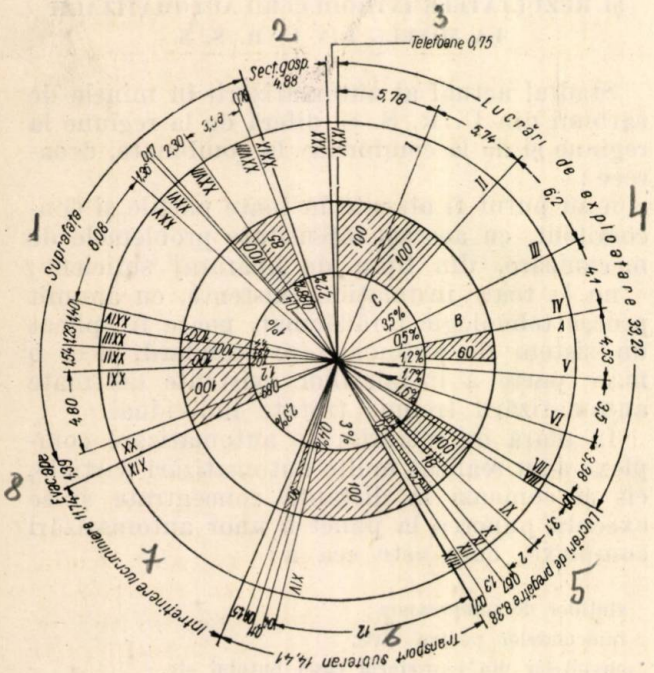


Fig. 2. Situaţia mecanizării şi perspectivele automatizării la o exploatare minieră din Valea-Jiului.

I—tăiere; *II*—forare şi puşcare; *III*—încărcare *IV*—armare; *V*—transport; *VI* — repararea mecanismelor; *VII* — rambleu; *VIII* — tăiere; *IX* — forare şi puşcare *X* — încărcare; *XI* — armare; *XII* — transport; *XIII*—reparare mecanisme; *XIV* — locomotive; *XV* — cai; *XVI* — manual; *XVII* —pe plan înclinat; *XVIII* — reparare mecanisme; *XIX*— extracţie; *XX*—aer comprimat; *XXI*—aeraj general; *XXII*—tîmplărie; *XXIII*—atelier; *XXIV*—dulgherie; *XXV*— transport suprafaţă; *XXVI*— funicular; *XXVII*—întreţinere mecanisme; *XXVIII*—secţia gospodărie; *XXIX*—telefoane.
A — denumirea secţiilor; *B* — gradul de mecanizare; *C* — posibilitatea de reducere a efectivului prin automatizare.

V. DIRECŢII PRINCIPALE DE LUCRU PENTRU AUTOMATIZAREA MINELOR DIN VALEA-JIULUI

În cele precedente am expus pe scurt: justificarea introducerii automatizării, greutăţile principale şi locale care implică trecerea la o automatizare parţială respectiv complexă, efectele economice reale şi cele scontate în U. R. S. S. în urma automatizărilor.

În vederea unei orientări asupra posibilităţilor automatizării minelor de cărbuni din Valea-Jiului s-au făcut unele sondaje la exploatările miniere şi la preparaţia Lupeni. Din analiza proceselor tehnologice a unor exploatări miniere din Valea-Jiului (fig. 2) şi compararea lor cu situaţia din U. R. S. S. (fig. 1) reiese o mare asemănare în ceea ce priveşte ponderea diferitelor operaţii din subteran şi suprafaţă. În ceea ce priveşte gradul de mecanizare, situaţia din Valea-Jiului este destul de apropiată celei din U. R. S. S. (circa 80 %), în schimb în ceea ce priveşte automatizarea, în Valea-Jiului, situaţia se prezintă ca un început fără nici o coordonare.

Introducerea controlului mersului maşinilor, a transportului, a situaţiei energetice din subteran, extinderea şi îmbunătăţirea telecomunicaţiilor prin utilizarea meselor de dispecer, va fi primul pas de făcut în vederea automatizării lucrărilor din subteran. Concomitent cu aceasta sau imediat după, ar fi de automatizat staţiile principale de pompe, iar după aceasta transportul. La suprafaţă, preparaţiile sînt operaţiunile care se pretează foarte bine automatizării (fig. 3).

Pentru exemplificare se poate caracteriza pe scurt situaţia de la Preparaţia Lupeni, după cum urmează:

Preparaţia Lupeni se poate împărţi în următoarele şase secţii tehnologice: sortare, spălare, flotare, zetaj, mediu dens, încărcarea şi circulaţia vagoanelor C. F. R.

Aceste secţii sînt utilate cu diferite utilaje pentru: transport (benzi, elevatoare etc.), ciuruire, concasare, spălare (jgheaburi Rheo, cuve de spălare, celule de flotare, maşini de zetaj etc.), pompare (pentru circularea apei, pentru şlam, pentru medii dense etc.), diverse alte scopuri (filtre, îngroşătoare, agitatoare etc.) fiind acţionate în total de 141 motoare, însumînd o putere de 3 089 kW.

Pentru deservirea propriu-zisă a instalaţiei se folosesc în prezent 429 lucrători (calificaţi şi necalificaţi) şi tehnicieni.

Instalaţiile, aşa cum se prezintă acuma, suferă de mai multe deficienţe ca:

întîrzierea în sezisarea evenimentelor de exploatare şi în consecinţă:
o acţionare înceată în rezolvarea deranjamentelor,

înfundări de utilaje, revărsări de materiale, prelungirea intervalului de oprire, pînă la repornire, accidente de persoane etc.

Pentru a remedia aceste deficienţe şi pentru a face instalaţia într-o măsură mai mare ca azi independentă de personalul de serviciu, s-au examinat următoarele procedee :

centralizarea supravegherii la trei posturi de comandă şi anume : *a*) postul principal, care va dirija şi spălarea, inclusiv zeţajul şi mediile dense ; *b*) sortarea ; *c*) încărcarea şi transportul ;

pornirea automată a cîte unui şir tehnologic, motor cu motor pe rînd, începînd de la ultimul utilaj în spre amonte, cu oprirea respectiv blocarea instalaţiilor amonte de la cel avariat, semnalizarea poziţiei „oprit", „în funcţiune" sau „oprit forţat", cu avertizarea acustică a pornirii şi opririi, cu posibilitatea de a opri instalaţia din punctele principale ale secţiei, de a porni şi opri un utilaj, cu aprobarea dispecerului, restul instalaţiei putînd să rămînă oprit ;

îmbunătăţirea sistemului de transmitere a comunicărilor, prin extinderea sistemului de telecomunicare prin telefoane şi megafoane avînd ca centru postul de comandă şi ramificînd pînă la posturile de control ale secţiei ;

o telecomandă şi blocare a macazelor de la liniile C. F. N., o transmitere a comenzilor prin megafoane şi extinderea reţelei de telefoane pe tot teritoriul liniilor C. F. N., cu o semnalizare a poziţiei trenurilor pînă la posturile de control ale secţiei ;

înlocuirea locomotivelor cu abur, prin locomotive electrice ;

automatizarea operaţiilor de reglaj la care se poate renunţa la intervenţia umană, cum este reglajul spălării pe culoarele Rheo 10-80, a reglării maşinilor de zeţaj ; a pornirii reglării debitului şi opririi pompelor de circulaţie, a pompelor de la flotaţie, ungerea, luarea probelor ;

semnalizarea poziţiei conţinutului din silozuri, cisterne şi rezervoare, cu posibilitatea de a utiliza, la nevoie, aceste semnalizări pentru comanda cărucioarelor de la benzile mobile de deasupra silozurilor, şi în cazul mecanizării acţionării gurilor de siloz, pentru comanda de la distanţă a deschiderii respectiv a închiderii registrelor de la silozuri ;

semnalizarea la distanţă a puterii absorbite de secţie cît şi a intensităţii curentului la fiecare motor şi controlul automat a stării de izolaţie a reţelei de forţă ;

controlul temperaturii lagărelor de la unităţile principale, controlul tensiunii şi a frecvenţei, controlul presiunii apei şi al aerului comprimat, controlul şi înregistrarea greutăţii producţiei brute, a producţiei spălate pe sortimente şi a sterilului evacuat.

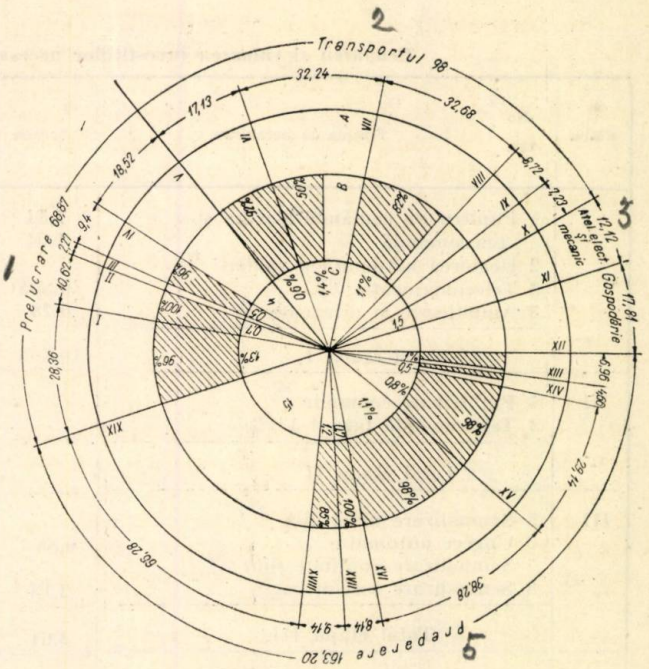


Fig. 3. Situaţia mecanizării şi perspectivele automatizării la o preparaţie din Valea-Jiului.

I – brichetaj ; *II* – semicarbonizare ; *III* – distilărie ; *IV* – stoc ; *V* – întreţinere secţia prelucrare ; *VI* – încărcare ; *VII* – linie normală ; *VIII* – haldă ; *IX* – întreţinere, încărcare + linia normală ; *X* – întreţinere haldă ; *XI* – descărcare Lonea ; *XII* – descărcare Vulcan ; *XIII* – separaţie ; *XIV* spălătorie *XV* – flotaţie ; *XVI* – uscătorie ; *XVII* – întreţinere secţia preparaţie.
A – denumirea secţiilor ; *B* – gradul de mecanizare ; *C* – posibilitatea de reducere a efectivului prin automatizare.

Această lucrare se propune a fi executată în mai multe etape, din următoarele motive :

fluxul tehnologic în unele secţii nu este încă cristalizat ;

necesitatea de a eşalona cheltuielile de investiţie ;

înlăturarea greutăţilor de procurare a utilajului necesar şi montarea lui ;

experimentarea propunerilor făcute şi realizarea îmbunătăţirii care eventual se impun pe parcurs ;

creşterea de noi cadre, pentru deservirea şi întreţinerea automatelor, a releelor, a diverselor aparate şi a reţelei de cabluri.

Lucrarea se prevede de a fi executată în şapte etape, aşa cum reiese din tabela 1.

Observăm că etapa VII — electrificarea tracţiunii — nu este numai o lucrare de automatizare ci mai degrabă o modernizare a actualului sistem de mecanizare care s-ar amortiza în circa 8 — 9 ani, şi care costă aproximativ de patru ori mai mult decît automatizarea propriu-zisă.

În tabela 1 am mai indicat gruparea şi valoarea investiţiilor exprimată în procente din totalul cheltuielilor de automatizare. Pentru orientare am raportat cheltuielile de amortizare la cheltuielile anuale de exploatare a Preparaţiei.

În tabela 2 am indicat economiile realizabile în funcţie de costul automatizării.

Tabela 1

Gruparea şi valoarea investiţiilor necesare automatizării unei preparaţii de cărbune

1 Etapa	No crt. 2	3 Treapta de mecanizare	4 Sortare	5 Spălare	6 Flotare	7 Zeţaj	8 Medii dense	9 Încărcare transport	10 Total
I	1	Pupitru de comandă-blocare şi telecomandă 11	7,54 1,04				1,74		10,32
	2	Reglarea automată a spălării 12		1,095		1,63			2,725
	3	Telecomunicaţie 13	0,805	0,805				0,805	2,415
	3	Amplificare şi difuzoare 14	0,78	0,78				0,78	2,34
	15	Total etapa I	10,165	2,68		1,63	1,74	1,585	17,80
II	1	Pupitru de comandă 16		2,26					2,26
	4	Telecomandă faza 1-a 17		10,17	6,22	2,70	2,70		21,79
	18	Total etapa II		12,43	6,22	2,70	2,70		24,05
III	5	Semnalizare nivel apă 19		0,94	0,78	—	0,47		2,19
	6	Ungere automată 20	0,86	0,86	—	0,86	0,86		3,44
	7	Semnalizare conţinut siloz 21					0,41		0,41
	8	Semnalizare sarcini 22	2,18	1,55	1,25	0,31	0,31	0,31	5,91
	23	Total etapa III.	3,04	3,35	2,03	1,17	2,05	0,31	11,95
IV	10	Telecomandă faza 2-a 24		2,54	1,563	0,676	0,676		5,455
	11	Reglare automată, spălare 25					3,38		3,38
	12	Reglare automată pompă 26		5,975	4,79				10,765
	27	Total etapa IV.		8,515	6,353	0,676	4,056		19,60
V	9	Semnalizare conţinut siloz 28	3,95	13,30					17,25
VI	13	Automatizarea luării probelor 29	1,17	3,52	1,55	1,17	0,39	1,55	9,35
	30	Total etapa V–VI exclusiv	18,325	43,795	16,153	7,346	10,936	3,445	100,00
		Total etapa V–VI inclusiv / etapa VII	3,76	8,95	3,32	1,51	2,26	0,71	20,51
VII	14	Electrificarea tracţiunei 31	—	—	—	—	—	79,49	79,49
		Total general (I–VII) 32	3,76	8,95	3,32	1,51	2,26	8,020	100,00

33 Valoarea investiţiilor în raport cu bugetul pe un an al preparaţiei (total/numai salarii): Etapa V–VI exclusiv (34) / Etapa V–VII inclusiv (35) — electrificarea tracţiunea (36): 19,15%/75% ; 94%/292%

O parte a acestor lucrări necesită o modificare radicală a instalaţiilor existente şi nu poate fi realizată decît cu mijloace procurate din străinătate. Alte lucrări pot fi realizate imediat ce se procură aparatajul şi materialul necesar, care se fabrică în ţară.

S-au prevăzut şi lucrări, cum este înlocuirea tracţiunii cu locomotive cu abur prin locomotive electrice, lucrare care va avea ca urmare, pe lîngă avantajul că va dispare fumul supărător de la locomotive, şi avantaje materiale ca : majorarea considerabilă a capacităţii de transport prin eliminarea timpilor morţi datoriţi încălzirii cazanului locomotivei, alimentării cu apă şi cu combustibil, evacuării zgurii. Şi îmbunătăţirea randamentului energetic este un factor important. Toate aceste, în faza finală, vor aduce şi o reducere de efectiv.

Avantajele acestor noi instalaţii de telecomandă şi reglare automată sînt următoarele :

reducerea efectivului la munci unde nu se cere pregătire specială şi ca urmare a fondului de salarii, personalul devenit liber putîndu-se folosi în alte ramuri ale industriei ;

împiedicarea înfundării instalaţiilor de transport în cazul opririi unui element din lanţul ce formează şirul de transport şi în consecinţă eliminarea deranjamentelor şi a pierderilor de timp la repunerea în funcţiune, datorită cărei împrejurări, se va mări capacitatea instalaţiilor existente cu un procentaj ce poate să ajungă la 15% din capacitatea în prezent utilizată ;

o indicare precisă a locului unde a intervenit oprirea forţată, economisindu-se în felul acesta căutarea îndelungată a locului defectării ;

o supraveghere centrală a secţiei, dispecerul avînd o orientare precisă asupra funcţionării instalaţiei, stării silozurilor, sarcinii etc., fără a fi nevoit să ceară informaţii de la personalul în serviciu ;

o îmbunătăţire a recuperării şi o uniformizare a produsului (cu circa 2%) ;

Economii pe grupe de investiţii — Tabela 2

1 Etapa	2 Specificarea economiei		3 Sortare	4 Spălare	5 Flotare	6 Zeţaj	7 Medii dense	8 Încărcare şi transport	9 Total excl. 10	9 Total incl. 11	13 Timpul de amortizare 10 excl.	13 Timpul de amortizare 11 incl.
									Îmbunătăţirea calităţii 12		Îmbunătăţirea calităţii 12	
I	14 Prin reducerea efectiv	15 Pupitru de comandă, blocare şi telecomandă	0,131					0,043	0,174	0,174		
		16 Reglarea automată a spălării		0,087		0,043			0,130	0,130		
		17 Telecomunicaţia						0,153	0,153	0,153		
		18 Amplificare şi difuzoare										
	19 Majorarea capacităţii preparaţiei 3%		0,635						0,635	0,635		
	20 Îmbunătăţirea calităţii produselor		—	2,328					—	2,328	37	37
	21 Cota de amortizat 17,80%	9 Total	0,766	0,087+2,328		0,043		0,196	1,092	3,42	11 luni	3,5 luni
II	14 Prin reducerea efectiv	22 Pupitru de comandă										
		23 Telecomandă faza I-a		0,016					0,016			
	19 Majorarea capacităţii preparaţiei 3%			0,308					0,308		37	
	21 Cota de amortizat 24,05%	9 Total		0,324					0,324		37 luni	—
III	14 Prin reducerea efectiv	24 Semnalizare nivel apă		0,033					0,033			
		25 Ungerea automată	0,097	0,065		0,033	0,033		0,228			
		26 Semnalizare conţinut siloz										
		27 Semnalizare sarcini										
	19 Majorarea capacităţii preparaţiei 1%		0,117	0,117		0,038	0,038		0,310		37	
	21 Cota de amortizat 11,95%	9 Total	0,214	0,215		0,071	0,071		0,571		21 luni	—
IV	14 Prin reducerea efectiv	28 Telecomandă faza II-a		0,059		0,020	0,020		0,099	0,099		
		29 Reglare automată spălare					0,020		0,020	0,020		
		30 Reglarea automată pompe										
	19 Majorarea capacităţii preparaţiei 1%			0,095		0,031	0,063		0,189	0,189		
	20 Îmbunătăţirea calităţii produselor 0,5%			0,421		0,141	0,282			0,844	37	37
	21 Cota de amortizat 19,60%	9 Total		0,154+0,421		0,051+0,141	0,103+0,282		0,308	1,152	39 luni	10,5 luni
V	26 Semnalizarea conţinut siloz		0,046						0,046			
	19 Majorarea capacităţii preparaţiei 1%		0,218						0,218		37	
	21 Cota de amortizat 17,25%	9 Total	0,264						0,264		45,5 luni	—
VI	31 Automatizarea luării probelor											
	32 Mărirea randamentului 0,5%			0,203	0,158	0,068	0,022		0,451		37	
	21 Cota de amortizat 9,35%	9 Total		0,203	0,158	0,068	0,022		0,451		26,5 luni	
VII	33 Electrificarea tracţiunei							0,010	0,010			
	34 Reducerea costului (în afară de salarii)							0,071	0,071			
	35 Majorarea capacităţii 3%							0,028	0,028			
	36 Utilizarea mai bună a gării							0,008	0,008		38 37	
	21 Cota de amortizat 100%	9 Total						0,117	0,117		8 ani 7 luni	

39 OBSERVAŢIE
La amortizare nu s-a ţinut cont de economiile realizate prin îmbunătăţirea calităţii produselor.
Ţinînd cont şi de aceasta, în etapa I. resp. IV. durata de amortizare scade de la cca. 11 luni, la 3,5 luni resp. dela 3 ani 3 luni la 10 1/2 luni.
Cota de amortizat este exprimată în % faţă de valoarea totală a investiţiilor reclamate de automatizare.
Economiile realizate sunt exprimate în % faţă de cheltuelile totale ale etapelor respective, astfel că exprimă anual cît la sută se amortizează prin economia realizată din costul investiţiei.

o desfăşurare mai normală — fără perturbaţii a transportului pe C. F. N. şi în consecinţă o utilizare în plin a mijloacelor de transport C. F. N. ceea ce este de o foarte mare importanţă întrucît liniile de garare sînt scurte şi traficul de circa 800 000 t în 1956 va trebui să crească la 2 200 000 t în 1960.

Înainte de a încheia această expunere cred că va fi util să schiţăm care ar fi drumul de urmat în vederea introducerii automatizării la minele din Valea-Jiului şi în paralel cu aceasta şi la celelalte exploatări miniere din R. P. R.

Primul pas de făcut este de a generaliza interesul asupra automatizării. Nu este suficient ca un număr restrîns de conducători cu vederi largi şi în perspectivă, să îmbrăţişeze ideea automatizării din industria minieră. Toate cadrele din industria minieră trebuie să fie convinse că automatizarea este o problemă vitală. În acest scop, trebuie lămurite masele largi de muncitori, tehnicieni şi ingineri de ajutorul ce le dă automatizarea, de condiţiile de lucru care trebuie create pentru ca automatele să dea rezultatele optime scontate. Dar în special trebuie convinşi lucrătorii de la planificarea investiţiilor că pentru automatizare trebuie alocate imediat fonduri importante pentru a evita o rămînere în urmă.

Trebuie atras de la început atenţia că în prima fază, automatele vor avea puncte slabe, se vor ivi deranjamente, vor fi necesare modificări şi că toţi vor trebui să colaboreze în scopul unei funcţionări normale. Pe lîngă această muncă de lămurire va trebui să se instruiască specialişti în : proiectarea, montarea şi exploatarea şi întreţinerea automatizărilor.

Va trebui să se studieze modul de lucru şi rezultatele obţinute în U. R. S. S. Experienţa de acolo va trebui folosită în măsura cea mai mare pentru a scurta timpul introducerii automatizării la noi în ţară. De asemenea va trebui cerută şi folosită experienţa specialiştilor automaticieni din alte ramuri industriale din ţară, cît şi a Academiei Republicii Populare Romîne. Primul pas în realizarea automatizării va fi un plan de perspectivă pentru automatizare, stabilirea fondurilor necesare şi alocarea acestora.

Studiul automatizării va trebui să se extindă nu numai asupra schemelor de automatizare, asupra aparatajului folosit ci şi asupra fabricării lui, analizîndu-se ce anume din aparate se vor putea fabrica în ţară şi ce va trebui importat.

Introducerea automatizării nu va putea fi făcută pe front larg, concomitent la toate întreprinderile şi locurile de lucru, ci vor trebui programate perioade de încercări şi adaptări, la cîte o întreprindere sau loc de lucru şi numai după ce s-au lămurit aici toate problemele se va putea trece la generalizare.

Va fi util ca, la început, montarea şi punerea în funcţiune a automatizărilor să fie încredinţată unei echipe entuziasmate de această sarcină, pe lîngă care să crească noi şi noi efective care vor fi cerute de industria minieră, şi care să fie nucleul unei organizaţii de montaj pentru introducerea automatizării.

BIBLIOGRAFIE

[1] DOKUKIN, A. B.: *Opît vnedreniia avtomatizaţii na şahtah i puti cc rascireniia.* Moscova, 1956.

[2] KOZNIN V.: *Avtomatizaţiiana ugolinth şahtah CCCR.* Moscova, 1958.

[3] OFENGENDEN H. E. H.: *Avtomatizaţiia sahtnth ventiliatorov.* Gostehizdat, Kiev, 1957.

[4] PONOV. B. M.: *Avtomatizaţiia ridnikovo vodvotliva.* Metallurghizdat, Moscova, 1955.

[5] Master Ugoli 1955.

[6] PICIEV A. B.: *Puti avtomatizaţii rudniciogo electrovomogo transporta.* Gornii jurnal 1956, 7.

[7] *Probleme der Automatisierung der Streckenförderung bei Einsatz von E-Loks.* Bergbautechnik 1956, 6.

[8] *Photozellen in Kohlengruben.* Bergbautechnik (1956) 6.

[9] *Fernmeldetechnische Neuerungen für den Bergbau u. Tage.* Bergbautechnik, (1955) 3.

[10] *Zur Frage der Automatisierung von Grubenwettertüren.* Bergbautechnik, (1956) 3.

[11] IASNYI, W. K.: *Automatisierung der untertagigen Forderung im sowjetischen Bergbau.* Bergbautechnik, (1957)11,

[12] *Wege zur Automatisierung des Erzbergbaues.* Bergbautechnik, (1957) 2.

[13] NAGEL, E. u. REHM, H.: *Die automatische Gleichstrom-Fördermaschine.* AEG-Mitteilungen (1957) 1.

CHRISTOFOR VAZACA *)

Caracteristicile statice și dinamice ale acționării electronice

CZ 621.34-523.8.012

Acționările electronice nu s-au introdus încă în țara noastră în automatizarea diferitelor procese industriale care reclamă calitate, precizie și viteză de comandă mare. Din acest motiv, proprietățile lor nu sînt suficient de cunoscute și familiare în cercurile automatiștilor noștri, mai cu seamă în ce privește regimul dinamic, care interesează stabilitatea unui sistem automat prevăzut cu acționare electronică.

În acest articol se vor prezenta întîi *caracteristicile statice*, care sînt necesare în proiectarea propriu-zisă a unei acționări electronice, apoi *caracteristicile dinamice*, care sînt necesare pentru aplicarea teoriei reglării automate. Primele sînt cunoscute în general în literatura de specialitate din ultimii șapte ani, sub o formă oarecum consacrată pe cînd cele de al doilea nu au găsit încă o formă definitivă; pentru acestea, autorul prezintă un punct de vedere personal.

Avantajele acționării electronice

Acționarea electronică[1]) a motoarelor electrice a luat o mare dezvoltare în ultimii 15 ani, ca rezultat al eforturilor depuse pentru ameliorarea acționărilor electrice folosite în automatizări. Circuitele electronice au permis mărirea preciziei de execuție , a sensibilității de comandă și a vitezei de răspuns a sistemelor de comandă folosind mașini electrice, în diverse procese industriale.

Rezultatele tehnice cele mai importante s-au obținut în domeniul acționării electronice a motoarelor de curent continuu, care au caracteristici potrivite pentru reglarea turației.

În general, prin sistem de acționare electronică a unui motor electric se înțelege o instalație compusă dintr-un motor electric, o combinație de tuburi electronice sau ionice și o rețea mai mult sau mai puțin complicată de circuite de comandă.

Deoarece motorul este de curent continuu și rețeaua de alimentare este de curent alternativ, instalația cuprinde unul sau mai multe redresoare, care furnizează tensiunile de alimentare continue necesare motorului (pe excitație și indus). Pentru a putea obține variația turației, cel puțin una din tensiuni trebuie să fie variabilă la comandă, de aceea cel puțin unul din redresoare este cu tensiune reglabilă; aceasta se poate obține cu ajutorul tuburilor redresoare cu grilă de comandă.

Spre deosebire de cazul alimentării motorului de la o rețea de curent continuu de tensiune constantă, cînd variația turației se face prin reostate, care consumă energie, în cazul alimentării de la o rețea de curent alternativ prin intermediul unui redresor comandat pe grilă, reglarea tensiunii aplicate motorului nu implică un consum de energie.

Pe de altă parte, reglarea turației sub turația nominală sau de „bază" a motorului, în cazul alimentării de la o rețea de curent continuu, printr-un reostat în circuitul indusului, nu este o soluție acceptabilă în aplicațiile industriale, din cauza pierderilor inadmisibile, a dimensiunilor și a costului reostatului și a unei pante exagerate în caracteristica turație-cuplu care rezultă în acest caz.

Din acest motiv, este fundamental principiul utilizării unei rețele de alimentare de curent alternativ și a unui redresor sau a unui dispozitiv de conversiune, care transformă energia de curent alternativ și tensiune constantă în energie de curent continuu și tensiune reglabilă.

Acest principiu este utilizat de altfel și în vechiul sistem de acționare Ward-Leonard. Dispozitivul de conversiune reprezentat de redresorul comandat pe grilă, combinat cu un sistem complet de comandă și reglaj electronic, constituie însă o metodă nouă de comandă industrială. Avantajul său principal asupra convertorilor rotativi constă în faptul că se utilizează o singură mașină rotativă (motorul de acționare propriu-zis) în loc de trei și uneori patru mașini rotative, cum se întîlnesc în celelalte sisteme. În plus, volumul redus al sistemului electronic, flexibilitatea de adaptare la diferite condiții de utilizare, precizia și sensibilitatea, sînt caracteristici la fel de importante.

Acționările prin redresor se pot împărți în două categorii generale:

1. Sisteme în care variază, în primul rînd, tensiunea alternativă de alimentare a redresorului, cu ajutorul unui transformator cu raport variabil sau a unui reactor saturabil, după care se redresează și se aplică pe indusul motorului de curent continuu. Se pot folosi sisteme monofazate sau polifazate. Elementele redresoare sînt de obicei gazotroane, însă uneori se utilizează redresoare uscate (cuproxid sau seleniu).

Sistemele din acest grup au unele avantaje (simplicitatea și un factor de formă scăzut al curentului din indus) dar nu posedă proprietățile de precizie de comandă și flexibilitatea sistemelor din grupul al doilea.

2. Sisteme în care tensiunea alternativă de alimentare este constantă și în care atît redresarea cît și comanda se execută electronic, cu ajutorul tuburilor redresoare cu grilă de comandă, de tipul tiratronului sau al ignitronului. Aceste tuburi realizează redresarea și controlează întreaga putere absorbită de motor; ele sînt comandate, la rîndul lor, de circuite electronice auxiliare, care folosesc tuburi electronice cu vid înaintat.

Aici ne vom referi numai la sistemele din categoria a doua, care sînt superioare, au cea mai largă răspîndire și aplicațiile cele mai variate. Redresoarele comandate pe grilă din aceste sisteme folosesc tiratroane, cînd puterile necesare sînt în general sub 25 kW. Pentru puteri mai mari sînt necesare ignitroane. Cînd puterile sînt de ordinul sutelor de kW se utilizează și varianta cu generator de curent continuu, care alimentează cu tensiune variabilă motorul a cărui turație se reglează, iar excitația generatorului este alimentată de un redresor comandat pe grilă.

Scheme de principiu pentru comanda și reglarea electronică a motoarelor de curent continuu

Turația unui motor cu excitație separată se poate comanda electronic cu ajutorul redresoarelor comandate pe grilă. Se aplică o tensiune variabilă pe indus, excitația rămînînd constantă (fiind dată de o sursă separată), sau

*) Ing. CHR. VAZACA este membru al Comisiei de Automatizare de pe lîngă Prezidiul Academiei R. P. R.

[1]) Utilizăm denumirea de acționare electronică, deși tuburile folosite sînt tuburi cu gaz sau tuburi ionice; în literatura sovietică se folosește expresia „acționare ionoelectronică".

se aplică o tensiune variabilă pe bobinajul de excitaţie şi se lasă neschimbată tensiunea de alimentare pe indus. De obicei, se folosesc ambele posibilităţi de reglaj : variaţia tensiunii aplicate indusului pentru turaţii sub turaţia nominală şi variaţia excitaţiei pentru turaţii peste turaţia nominală. Se urmăreşte ca motorul să poată dezvolta cuplul şi puterea maxime posibile la diferite turaţii, fără a produce supraîncălzirea motorului. Turaţia unui motor cu excitaţie separată se poate exprima prin :

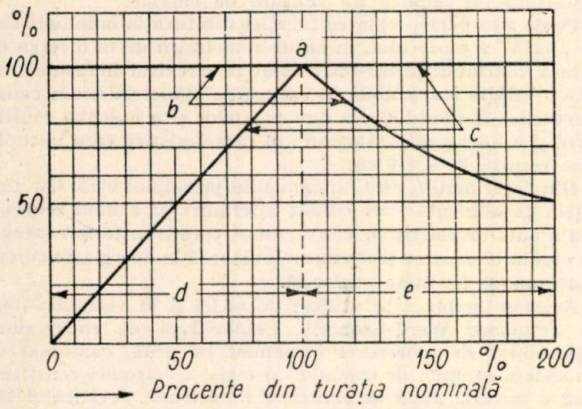


Fig. 1. Caracteristicile de utilizare a motorului de curent continuu cu excitaţie derivaţie sau separată.

$$n = \frac{U - RI}{k_1 \Phi} \qquad (1)$$

în care : n este numărul de rot/min ; U — tensiunea la bornele indusului (valoarea medie) ; I — curentul din indus (valoarea medie) ; R — rezistenţa indusului ; Φ — fluxul magnetic din maşină ; k_1 — constantă de proporţionalitate.

Se vede din (1) că n poate fi comandat prin variaţia lui U sau Φ. Cuplul dezvoltat de motor este :

$$C_m = k_2 \Phi I. \qquad (2)$$

Puterea absorbită de motor este :

$$P = k_3 n C_m \qquad (3)$$

sau, ţinînd seama de (1) şi (2) :

$$P = k_4 n \Phi I \qquad (4)$$

$$P = k_5 (U - RI) I. \qquad (5)$$

Dacă se neglijează variaţia condiţiilor de răcire a motorului şi a pierderilor magnetice la diferite turaţii, se poate presupune că intensitatea nominală a curentului din indus (adică intensitatea de curent permisă din punctul de vedere al încălzirii motorului) este aceeaşi pentru diferitele viteze.

Examinînd relaţiile (1) — (3) se poate determina uşor modul în care comanda turaţiei obţinută prin variaţia tensiunii indusului sau a curentului de excitaţie influenţează cuplul şi puterea pe care motorul le poate dezvolta un interval de timp determinat, fără supraîncălzire.

Cînd comanda se face prin tensiunea indusului, şi curentul de excitaţie rămîne constant, fluxul din motor rămîne constant (neglijînd reacţia indusului) şi turaţia motorului variază liniar cu tensiunea U, cum arată relaţia (1). Pentru utilizarea la maximum a motorului care corespunde la un curent în indus egal cu cel nominal, rezultă din (2) pentru cuplu o valoare constantă, aceeaşi pentru orice turaţie. Puterea disponibilă variază atunci direct proporţional cu turaţia sau cu tensiunea, cum se vede din relaţiile (3), (4) şi (5).

Cînd comanda se face prin curentul de excitaţie, variind fluxul Φ şi păstrînd constantă tensiunea aplicată indusului, cuplul maxim admis dezvoltat de motor va varia direct proporţional cu Φ, după relaţia (2) şi invers proporţional, cu n, potrivit cu relaţia (1). Puterea care poate fi dezvoltată de motor fără supraîncălzire rămîne constantă, cum arată relaţia (5).

În fig. 1 se arată caracteristicile de utilizare a motorului cu excitaţie separată sau derivaţie. Diagrama arată cum variază cu turaţia (la comanda prin variaţia tensiunii indusului sau a curentului de excitaţie) puterea şi cuplul care se pot obţine de la un motor fără supraîncălzire. Interpretarea corectă a acestor caracteristici este foarte importantă din punctul de vedere al alegerii satisfăcătoare a motoarelor şi a circuitelor de comandă în general. Intervalul de reglaj prin variaţia tensiunii se obişnuieşte să se numească intervalul cuplului constant, iar intervalul de reglaj prin variaţia excitaţiei se numeşte intervalul puterii constante. Este clar că prin aceşti termeni se înţelege cuplul şi puterea care pot fi dezvoltate de motor la diferite turaţii, fără a depăşi încălzirea admisă, deci nu trebuie să se confunde cu cuplul şi puterea dezvoltate în realitate de motor, într-un anumit caz de funcţionare, cînd valorile lor depind de sarcina motorului.

Din punct de vedere economic, se preferă să se comande turaţia prin tensiunea indusului, cînd cuplul de sarcină rămîne mai mult sau mai puţin constant sau să se comande turaţia prin excitaţie, cînd cuplul de sarcină variază aproximativ invers proporţional cu turaţia, astfel încît puterea necesară să rămînă practic constantă.

Redresoare comandate pe grilă pentru alimentarea indusului

În fig. 2 şi fig. 3 se arată două circuite fundamentale pentru alimentarea indusului cu tensiune variabilă. Ambele reprezintă redresoare monofazate dublă-alternanţă, comandate pe grila tuburilor redresoare (tiratroane sau ignitroane).

În circuitul din fig. 2, *a*, tensiunea de grilă are o componentă continuă care poate fi variată şi o componentă alternativă de frecvenţă, amplitudine şi fază constante. Com-

ponenta alternativă se obţine dintr-o punte de defazare obişnuită, care cuprinde transformatorul T_3 cu priză mediană, rezistenţa R şi condensatorul C. Tensiunea alternativă între punctele *2—4*, care se aplică primarului transformatorului de grilă T_2 are un defazaj constant de 90° în urma

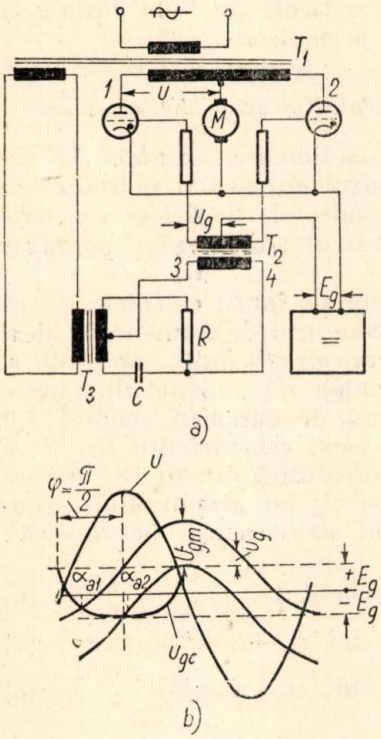


Fig. 2. Redresor comandat pe grilă, cu tensiune de negativare variabilă şi tensiune alternativă de amplitudine şi fază fixe:
a — circuitul; *b* — diagrama tensiunilor

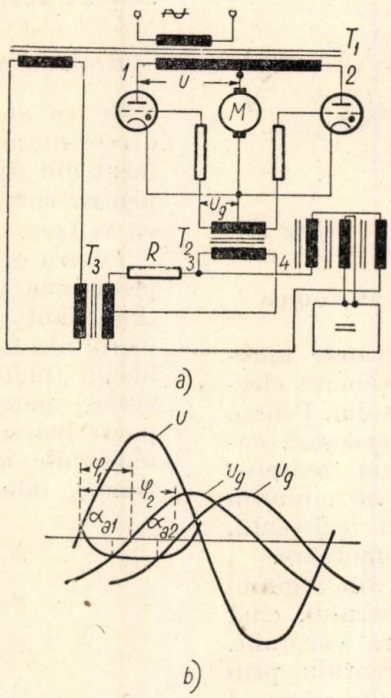


Fig. 3. Redresor comandat pe grilă, cu tensiune alternativă de amplitudine constantă şi fază variabilă:
a — circuitul; *b* — diagrama tensiunilor

180°. Curentul de premagnetizare şi deci unghiul de aprindere poate fi comandat manual sau automat, în funcţie de variaţia altei mărimi.

În ambele scheme, se obţine variaţia tensiunii aplicate indusului, în mod progresiv de la zero la valoarea maximă, cînd unghiul de aprindere scade de la 180° la 0°.

Cînd puterea motorului depăşeşte cîţiva kilowaţi, se preferă să se folosească un redresor trifazat. O schemă de principiu se arată în fig. 4. Comanda pe grilă poate lua cele două, forme arătate mai sus; componentele alternative ale tensiunilor de grilă trebuie să fie decalate între ele cu acelaşi unghi ca şi tensiunile de alimentare din circuitele anodice, deci în

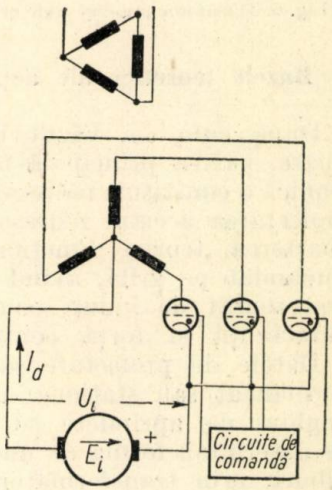


Fig. 4. Redresor trifazat cu tiratroane, avînd ca sarcină un motor de curent continuu.

tensiunii anodice dintre punctele *1—2*. Componenta continuă a tensiunii de grilă se introduce între punctul comun al catozilor tuburilor redresoare şi priza mediană a secundarului transformatorului T_2. Această componentă poate fi variată manual sau automat, în funcţie de variaţia unei alte mărimi. Prin această variaţie, tensiunea totală de grilă se deplasează în sens vertical în diagrama din fig. 2, *b*; punctul de intersecţie cu curba tensiunii de grilă critice dă momentul de aprindere (timpul de ionizare al tubului care este de ordinul a 100 microsecunde se poate considera neglijabil faţă de perioada de 20 milisecunde a frecvenţei industriale — 50 Hz).

Se vede că dînd componentei continue E_g valori extreme $\pm U_{gm}$ egale cu amplitudinea componentei alternative, se poate obţine o variaţie a unghiului de aprindere α_a, practic de la 0° la 180°.

În circuitul din fig. 3, *a* tensiunea de grilă nu are componentă continuă; ea se obţine direct de la secundarul transformatorului de grilă T_2, al cărui primar este introdus în diagonala punţii de defazare (priza mediană a transformatorului de alimentare a punţii T_3 şi punctul *3*). Inductanţa din punte este constituită de un transductor (bobină cu premagnetizare de curent continuu), în care inductanţa bobinajelor de curent alternativ poate fi variată prin curentul de premagnetizare. Tensiunea alternativă dintre punctele *3—4* are o amplitudine constantă şi este decalată în urma tensiunii de alimentare anodice dintre punctele *1—2*, cu un unghi variabil cu curentul de premagnetizare. Cînd acest curent creşte, premagnetizarea creşte, inductanţa transductorului scade şi decalajul introdus de punte scade.

Prin această variaţie, tensiunea de grilă a tuburilor redresoare se deplasează în sens orizontal în diagrama din fig. 3, *b*; punctul de intersecţie cu curba tensiunii de grilă critice şi unghiul de aprindere pot varia, practic de la 0° la

cazul schemei trifazate, 120°; în afară de aceasta, defazarea acestor tensiuni faţă de tensiunile anodice trebuie să se facă simultan. Pentru realizarea comodă a acestor condiţii, se

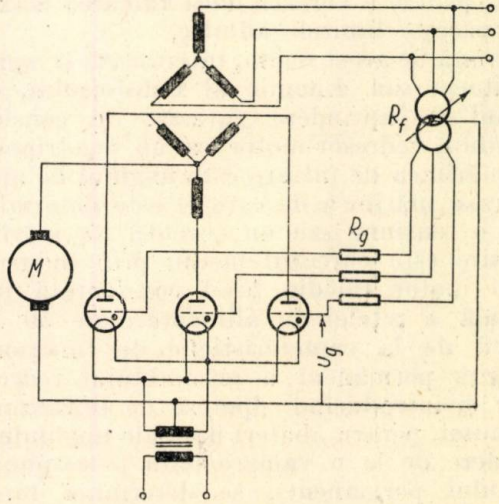


Fig. 5. Schemă pentru obţinerea unor tensiuni trifazate defazabile, pentru comanda pe grilă.

foloseşte de multe ori un regulator de fază (motor asincron cu rotorul calat şi bobinajul rotoric în gol alimentînd cele trei grile) cum se arată în fig. 5. Situaţia relativă dintre

tensiunile anodice şi de grilă şi realizarea celor trei momente de aprindere simetrice se vede în fig. 6.

În toate aceste scheme de redresare, sarcina introdusă de indusul motorului se reprezintă în calcule printr-o rezistenţă, o inductanţă şi o forţă contraelectromotoare.

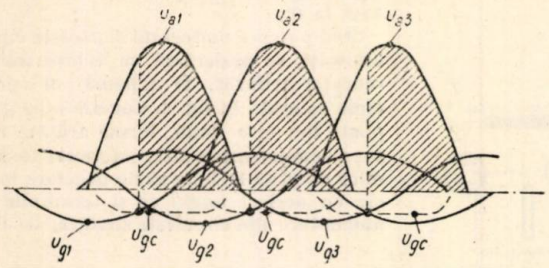


Fig. 6. Tensiunile anodice şi de grilă în schema din fig. 5.

Bazele teoretice ale acţionării electronice

După cum s-a văzut în paragrafele anterioare, partea principală într-o acţionare electronică o constituie redresorul indusului. Pentru proiectarea acestui redresor, este necesară cunoaşterea teoriei funcţionării unui redresor comandat pe grilă, avînd ca sarcină circuitul reprezentat de indus, compus din rezistenţă, inductanţă şi forţă contraelectromotoare.

Datele de proiectare se deduc din regimul permanent sau staţionar al redresorului, cînd unghiul de aprindere se consideră constant. Se determină forma de undă a curentului prin tuburi, prin transformatorul de alimentare şi prin indusul motorului şi modul în care depinde de unghiul de aprindere şi de parametrii circuitului. Cunoscînd forma de undă a curentului, se poate afla valoarea maximă, valoarea medie şi valoarea eficace, mărimi de care depinde alegerea tuburilor, a motorului şi a transformatorului. O dată cu aceasta, se determină şi forma de undă a tensiunii pe un tub, şi pe motor, pentru a verifica dacă valoarea maximă nu depăşeşte limitele admise.

În afară de acest regim, interesează şi regimul tranzitoriu sau dinamic al redresorului, cînd unghiul de aprindere variază. Se consideră ansamblul redresor-motor ca un cuadripol, în care mărimea de intrare este unghiul de aprindere (sau mărimea de care el este determinat, adică o tensiune sau un curent), iar mărimea de ieşire este curentul mediu prin indus sau cuplul motor (media fiind considerată pe o perioadă a reţelei de alimentare de 50 Hz). Plecînd de la caracteristicile de funcţionare în regim permanent a ansamblului redresor-motor şi introducînd ipoteze de liniarizare a sistemului, pentru abateri mici ale unghiului de aprindere de la o valoare dată (corespunzînd regimului permanent), se determină funcţia de transfer a ansamblului, care arată relaţia dintre mărimea de ieşire şi mărimea de intrare, definite mai sus. Această funcţie de transfer este necesară pentru analiza regimului tranzitoriu al unui sistem automat, din care face parte ansamblul redresor-motor. Definiţia dată mai sus acestei funcţii are sens numai dacă variaţia unghiului de aprindere este lentă în raport cu frecvenţa reţelei de alimentare. Acesta este de altfel cazul întîlnit în practică. În cadrul acestui articol, ne vom limita la analiza regimului permanent.

Regimul permanent. Caracteristicile statice

Se va analiza funcţionarea ansamblului redresor-motor, în cazul circuitului redresor trifazat din fig. 7; rezultatele teoriei se vor scrie pentru cazul general al redresorului polifazat cu m faze.

Pentru a nu complica inutil calculele, se va presupune transformatorul de alimentare ideal (impedanţa de scurt circuit nulă, curentul şi pierderile în gol nule), reţeaua de alimentare ideală (independentă de curentul anodic). Cu aceste ipoteze, în locul schemei din fig. 7 se poate lua schema idealizată din fig. 8, în care tensiunile u_1, u_2 şi u_3 au amplitudinea constantă, independent de curentul de sarcină:

$$u_1 = U_m \sin \omega t \tag{6}$$

$$u_2 = U_m \sin (\omega - 2\pi/3) \tag{7}$$

$$u_3 = U_m \sin (\omega - 4\pi/3). \tag{8}$$

Întrerupătoarele din schemă se consideră închise cînd tensiunile U_{A1K}, U_{A2K} şi U_{A3K} sînt pozitive şi mai mari ca U_0; ele se închid şi se deschid în mod alternativ şi în sincronism cu

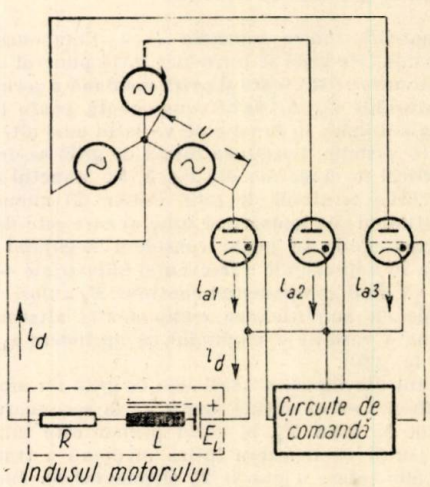


Fig. 7. Schemă de principiu a unui redresor trifazat comandat pe grilă şi sarcina echivalentă a motorului de curent continuu.

variaţia tensiunii de alimentare. Căderea de tensiune constantă pe tub este reprezentată de pila cu forţa electromotoare U_0.

Forţa contraelectromotoare E_i a indusului se consideră perfect constantă cînd curentul de excitaţie este constant şi turaţia motorului

constantă ; din cauza inerţiei mecanice a indusului şi a frecvenţei de repetiţie mari a pulsurilor de curent prin indus, turaţia este constantă cînd sarcina este constantă şi unghiul de aprindere este constant, deşi curentul prin indus nu are forma continuă.

În ce priveşte curentul de sarcină i_d al redresorului, se pot distinge două cazuri de funcţionare : *conducţia discontinuă* (regimul de curent

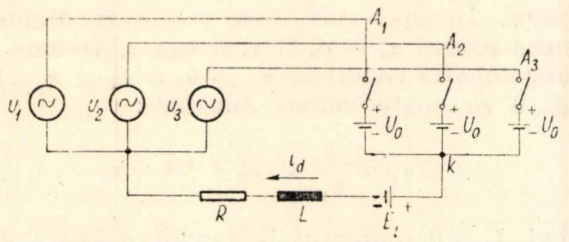


Fig. 8. Circuit echivalent al schemei din fig. 7.

întrerupt), cînd i_d este format din pulsuri de curent întrerupt, egale succesiv cu i_{a1}, i_{a2} sau i_{a3} ; *conducţia continuă* (regimul de curent neîntrerupt), cînd i_d nu se anulează şi are forma unui curent pulsativ neîntrerupt.

În ambele cazuri, între valoarea instantanee a curentului prin indus (i_d) şi valorile instantanee ale curenţilor din tuburi (i_{a1}, i_{a2} şi i_{a3}), se poate scrie relaţia generală :

$$i_d = i_{a1} + i_{a2} + i_{a3} \qquad (9)$$

cu singura deosebire că, în primul caz numai un curent i_a există la un moment dat, ceilalţi doi fiind nuli, pe cînd în al doilea poate exista un interval de timp în care conduc simultan două tuburi, dacă se ia în considerare inductanţa de scăpări a transformatorului de alimentare şi perioada de comutaţie.

În cazul conducţiei discontinue, tuburile lucrează absolut independent unul de altul, într-un regim tranzitoriu, periodic repetat, în care curentul anodic din fiecare tub pleacă şi ajunge la zero. Între perioadele de conducţie ale celor două tuburi există un interval de timp în care atît curenţii anodici (i_{a1}, i_{a2}, i_{a3}) cît şi curentul de sarcină (i_d) sînt nuli. Această succesiune periodică de regimuri tranzitorii identice ale circuitului redresor s-a numit mai sus regim permanent.

În fig. 9 s-a reprezentat tensiunea de alimentare u pe una din faze şi curentul anodic i_a respectiv. Tensiunea disponibilă efectiv în circuit este $(u - E)$; cînd ea depăşeşte valoarea U_0, tubul respectiv se aprinde şi întrerupătorul se închide în schema din fig. 8. Se vede că aprinderea nu poate avea loc mai devreme de unghiul α_1. Intervalul $(O - \alpha_1)$ este un interval mort pentru comanda pe grila tiratronului ; pe de altă parte, unghiul de aprindere nu poate fi mărit dincolo de α_2 ; intervalul $\alpha_2 - \pi$ este de asemenea un interval mort.

Dacă se consideră ca origină de timp momentul cînd se aprinde tubul fazei respective, atunci tensiunea de alimentare se scrie :

$$u = U_m \sin (\omega t + \alpha_a) \qquad (10)$$

iar ecuaţia diferenţială care determină forma curentului care se stabileşte în circuit este :

$$L \frac{di_a}{dt} + Ri_a + E_i + U_0 = U_m \sin (\omega t + \alpha_a). \quad (11)$$

Pentru ca rezultatele analizei funcţionării redresorului să capete o generalitate mai mare, este preferabil să se lucreze cu valori normate sau adimensionale. Acestea se vor nota cu litere aldine (grase) :

valoarea normată a curentului $\mathbf{i}_a = \dfrac{i_a}{U_m/R}$ (12)

valoarea normată a forţei contraelectromotoare $\mathbf{e} = \dfrac{E_i + U_0}{U_m}$ (13)

Cu aceasta, ecuaţia (11) se poate pune sub forma :

$$\frac{d\mathbf{i}_a}{dt} + \mathbf{i}_a + \mathbf{e} = \sin (\omega t + \alpha) \qquad (14)$$

în care :

$$\tau = \frac{L}{R} = \text{constanta de timp a circuitului.}$$

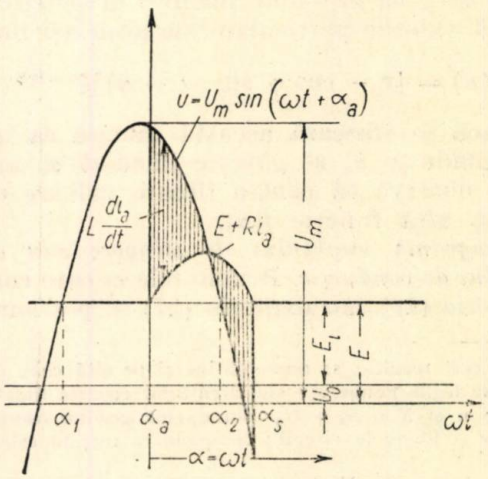


Fig. 9. Tensiunea şi curentul pe o fază a circuitului din fig. 8.

Expresia analitică a pulsului de curent prin tub (cazul conducţiei discontinue). Cunoscînd că în momentul iniţial ($\omega t = 0$) curentul trebuie să plece de la valoarea zero, din cauza prezenţei

inductanței în circuit, soluția ecuației (14) este[2]) :

$$\mathbf{i}_a = [\cos\varphi \sin(\omega t + \alpha_a - \varphi) - \mathbf{e}] + \\ + [\mathbf{e} - \cos\varphi \sin(\alpha_a - \varphi) \cdot \epsilon^{-\omega t \operatorname{cotg}\varphi} \quad (15)$$

în care :

$$\varphi = \operatorname{arctg}\frac{\omega L}{R}.$$

Această relație este valabilă numai pentru $i_a > 0$ sau $\mathbf{i}_a > 0$, deoarece conducția prin tub este

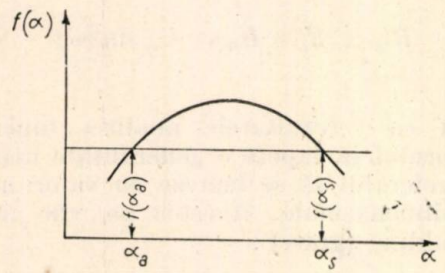


Fig. 10. Metodă grafică pentru determinarea unghiului de conducție.

unidirecțională ; ea permite să se traseze forma pulsului de curent și să se determine unghiul de stingere $\alpha_s = \alpha_a + \alpha_c$ sau unghiul de conducție α_c, cunoscînd unghiul de aprindere α_a, parametrii circuitului și tensiunile U_m, E_i și U_0.

Pentru găsirea unghiului de conducție, se pune în (15) condiția $\mathbf{i}_a = 0$ pentru $\omega t = \alpha_c$; se obține :

$$[\mathbf{e} - \cos\varphi \sin(\alpha_s - \varphi)]\epsilon^{\alpha_s \operatorname{cotg}\varphi} = \\ = [\mathbf{e} - \cos\varphi \sin(\alpha_a - \varphi)]\epsilon^{\alpha_a \operatorname{cotg}\varphi} \quad (16)$$

Se vede că în ambii membri ai ecuației (16) există valorile particulare ale aceleiași funcții :

$$f(\alpha) = [\mathbf{e} - \cos\varphi \sin(\alpha - \varphi)]\epsilon^{\alpha \operatorname{cotg}\varphi} \quad (17)$$

Dacă se trasează această funcție ca în fig. 10, dîndu-se α_a se găsește imediat α_s sau α_c.

Se observă că pentru fiecare valoare **e** și φ există altă funcție $f(\alpha)$.

Diagrama unghiului de stingere sau a unghiului de conducție. Rezultatele la care conduce expresia (16) sau expresia (17) se pot sintetiza

[2]) Acest rezultat se poate obține și pe altă cale, dacă se folosesc legile cunoscute ale circuitului electric liniar. Tensiunile u și $E = E_i + U_0$ din circuit produc componente forțate și libere în circuit ; componenta forțată este :

$$i_{af} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\omega t + \alpha - \varphi) - \frac{E}{R}$$

iar componenta liberă este :

$$i_{al} = -\frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\alpha_a - \varphi) \cdot \epsilon^{-\omega t \operatorname{cotg}\varphi} + \frac{E}{R}\epsilon^{-\omega t \operatorname{cotg}\varphi}$$

Curentul total $i_a = i_{af} + i_{al}$, scris sub formă normată, duce la expresia (15).

într-o diagramă de importanță fundamentală pentru regimul permanent al ansamblului redresor-motor (fig. 11). În această diagramă s-a construit cîte o familie de curbe $\alpha_s = f(\alpha_a)$ pentru o valoare **e** și mai multe valori φ. Factorul **e** se poate privi și ca un factor de turație, deoarece dacă se neglijează U_0 față de E_i, $\mathbf{e} \cong \frac{E_i}{U_m}$ iar E_i este direct proporțional cu turația motorului, dacă excitația este constantă. În diagramă s-au trasat și dreptele limită pentru $\alpha_a = \alpha_1$ și $\alpha_a = \alpha_2$; α_a trebuie să îndeplinească condițiile $\alpha_a \geqslant \alpha_1$ și $\alpha_a \leqslant \alpha_2$. Din fig. 9 se poate deduce imediat :

$$\sin\alpha_1 = \frac{E}{U_m} \text{ și } \alpha_2 = \pi - \alpha_1.$$

Cînd $L = 0$, curentul în circuit durează atît cît $u - E > 0$; prin urmare, cînd $\alpha_a = \alpha_1$ unghiul de stingere este $\alpha_s = \pi - \alpha_a = \pi - \alpha_1$ și cînd $\alpha_a = \alpha_2$, unghiul de conducție este nul sau $\alpha_s = \alpha_a = \alpha_2$.

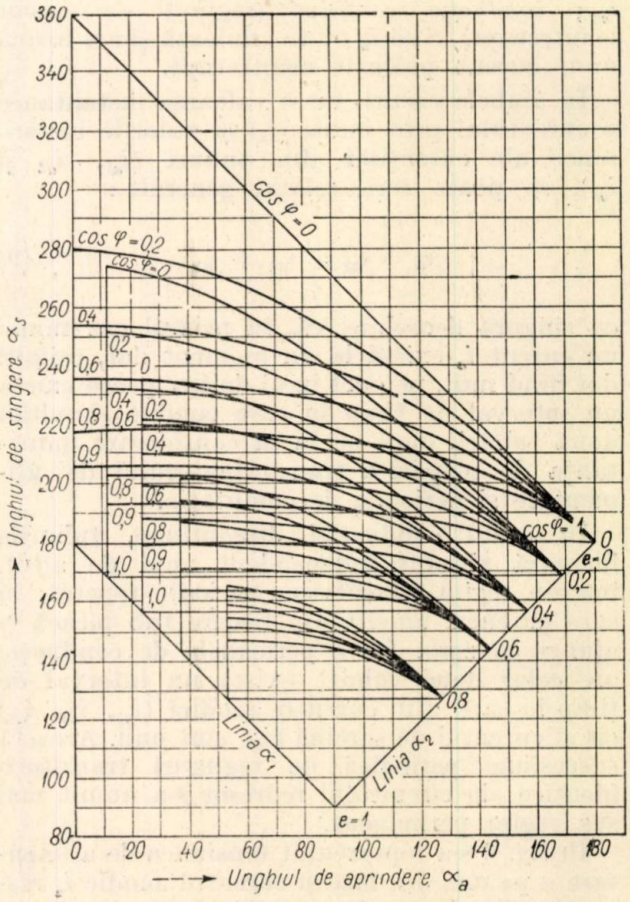


Fig. 11. Diagrama unghiului de stingere.

Expresia analitică a pulsului de curent prin tub (cazul conducției continue). În cazul regimului de curent neîntrerupt în sarcină, pulsul de curent prin tub începe și se termină cu o valoare $i_0 > 0$. Integrarea ecuației (14) se face cu alte

condiţii iniţiale (la $\omega t = 0$, $\mathbf{i}_a = \mathbf{i}_0$) şi soluţia ei este :

$$\mathbf{i}_a = [\cos\varphi \sin(\omega t + \alpha_a - \varphi) - \mathbf{e}] + [\mathbf{e} - \cos\varphi \sin(\alpha_a - \varphi) + \mathbf{i}_0]\,\epsilon^{-\omega t \operatorname{cotg}\varphi}. \quad (18)$$

Durata unui puls este identică pentru toate cele m faze şi cum nu mai există pauze între pulsurile succesive de curent prin sarcină, unghiul de conducţie este $\alpha_c = \frac{2\pi}{m}$.

Punînd în (18) condiţia :

$$\omega_t = \alpha_c = \frac{2\pi}{m} \ldots \mathbf{i}_a = \mathbf{i}_0$$

se poate găsi valoarea $\mathbf{i}_0$:

$$\mathbf{i}_0 = \frac{\cos\varphi\left[\sin\left(\alpha_a - \varphi + \frac{2\pi}{m}\right) - \sin(\alpha_a - \varphi)\right]\epsilon^{-\frac{2\pi}{m}\operatorname{cotg}\varphi}}{1 - \epsilon^{-\frac{2\pi}{m}\operatorname{cotg}\varphi}} \quad (19)$$

cu care (18) devine :

$$\mathbf{i}_a = [\cos\varphi \sin(\alpha_a - \varphi + \omega t) - \mathbf{e}] + \frac{2\cos\varphi \sin\frac{\pi}{m}\cos\left(\alpha_a - \varphi + \frac{2\pi}{m}\right)}{1 - \epsilon^{-\frac{2\pi}{m}\operatorname{cotg}\varphi}} \cdot \epsilon^{-\omega t \operatorname{totg}\varphi}. \quad (20)$$

Valoarea medie a curentului prin sarcină. Se notează $\mathbf{I}_d$ valoarea normată a curentului mediu I_d prin indus :

$$\mathbf{I}_d = \frac{I_d}{\frac{U_m}{R}}. \quad (21)$$

În cazul regimului discontinuu $\left(\text{cînd } \alpha_c \leqslant \frac{2\pi}{m}\right)$ din (15) se găseşte :

$$\mathbf{I}_d = \frac{m}{2\pi}\int_0^{\alpha_c} \mathbf{i}_a\, d(\omega t) = \frac{m}{2\pi}[\cos\alpha_a - \cos\alpha_s - \mathbf{e}(\alpha_s - \alpha_a)] \quad (22)$$

În cazul regimului continuu $\left(\text{cînd } \alpha_c = \frac{2\pi}{m}\right)$, valoarea I_d se obţine din (22), înlocuind $\alpha_s - \alpha_a = \alpha_c = \frac{2\pi}{m}$:

$$\mathbf{I}_d = \frac{m}{2\pi}\left[\cos\alpha_a - \cos\alpha_s - \mathbf{e}\frac{2\pi}{m}\right]. \quad (23)$$

Tensiunea medie redresată (tensiunea medie la bornele indusului). Tensiunea medie la bornele indusului este :

$$U_i = RI_d + E_i. \quad (24)$$

Aceasta se poate considera tensiunea medie pe care redresorul o aplică indusului. Notăm cu U_d tensiunea medie redresată :

$$U_d = U_i + U_0 = RI_d + E. \quad (25)$$

Deosebirea între U_d şi U_i este foarte mică, deoarece de obicei $U_0 \leqslant U_i$.

În regim de curent discontinuu, cu (22) relaţia (25) devine :

$$U_d = \frac{U_m}{2\pi}[\cos\alpha_a - \cos\alpha_s - \mathbf{e}(\alpha_s - \alpha_a)] + E \quad (26)$$

iar în regim continuu :

$$U_d = \frac{U_m}{2\pi}\left[\cos\alpha_a - \cos\alpha_s - \mathbf{e}\frac{2\pi}{m}\right] + E. \quad (27)$$

Ţinînd seama că $\alpha_s = \alpha_a + \frac{2\pi}{m}$ şi $\mathbf{e} = \frac{E}{U_m}$, relaţia (27) se poate scrie şi sub forma :

$$U_d = U_m\frac{m}{\pi}\sin\frac{\pi}{m}\sin\left(\alpha_a + \frac{\pi}{m}\right) - U_0 \quad (28)$$

Se observă din (26) că în regim discontinuu, U_d depinde de α_s, care, la rîndul lui, depinde de $\mathbf{e}$ sau de turaţia motorului ; cînd sarcina motorului (sau $\mathbf{I}_d$) creşte, turaţia (sau $\mathbf{e}$) scade, α_s scade şi U_d scade. În cazul regimului continuu, se observă din (28) că tensiunea U_d este independentă de α_s, deci de sarcină. Dacă se exprimă U_d sub formă normată $\left(\mathbf{U}_d = \frac{U_d}{U_m}\right)$, expresia (25) devine :

$$\mathbf{U}_d = \mathbf{I}_d + \mathbf{e}. \quad (29)$$

Aceasta este caracteristica externă a redresorului, sub formă normată. În fig. 12 s-a reprezentat o familie de caracteristici externe, pentru diferite valori α_a. Dacă în loc de redresor, motorul s-ar fi alimentat de la o reţea de curent continuu cu tensiune constantă U_{d0}, pe această diagramă ar fi corespuns o dreaptă orizontală.

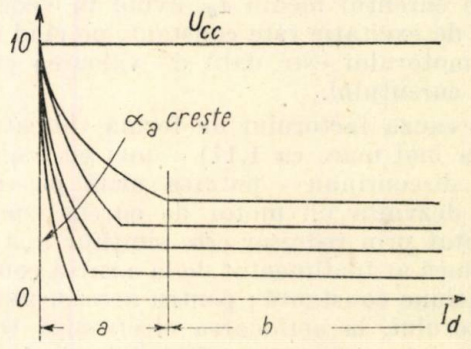


Fig. 12. Caracteristica tensiunii medii la bornele indusului în funcţie de curentul de sarcină (valori normate).

Se vede că avantajul comenzii pe grilă, în ce priveşte uşurinţa de comandă a turaţiei, este însoţit de dezavantajul unei caracteristici externe cu pantă mare, care ne obligă să folosim un transformator cu tensiune U_m mare.

Forma pulsului de curent şi factorii de vîrf şi de formă. Expresia analitică a pulsului de

curent şi diagrama unghiului de conducţie permit să se traseze forma pulsului. Cu titlul de exemplificare, se arată cîteva pulsuri în fig. 13. Se vede că, cu cît α_a şi **e** sînt mai mari, cu atît conţinutul de armonice al curentului este mai mare.

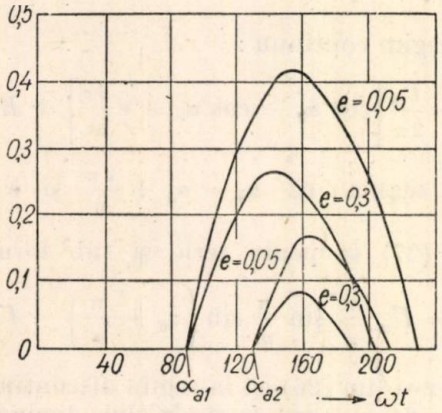


Fig. 13. Forme ale pulsului de curent anodic la diferite unghiuri de aprindere (α) şi diferite turaţii (e).

Pentru alegerea tuburilor tiratroane interesează factorul de vîrf :

$$k_v = \frac{i_{a_v}}{I_d} = \frac{i_{a_v}}{I_d} \qquad (30)$$

iar pentru alegerea dimensiunilor motorului, interesează factorul de formă :

$$k_f = \frac{i_{a_{ef}}}{I_d} = \frac{i_{k_{ef}}}{I_d} \qquad (31)$$

în care i_{a_v} este curentul anodic de vîrf şi $i_{a_{ef}}$ valoarea eficace a curentului anodic.

Efectul util al motorului (cuplul motor) este dat de curentul mediu I_d, avînd în vedere că fluxul de excitaţie este constant, pe cînd încălzirea motorului este dată de valoarea eficace $i_{a_{ef}}$ a curentului.

Din cauza factorului de formă ridicat (totdeauna mai mare ca 1,11) — mai cu seamă în regim discontinuu — puterea utilă pe care o poate dezvolta un motor de curent continuu alimentat prin redresor este simţitor mai mică decît dacă ar fi alimentat de la o sursă continuă cu tensiune constantă ; pentru aceeaşi încălzire a motorului, la acţionarea electronică trebuie considerată o putere admisibilă redusă în raportul $1/k_f^2$, faţă de puterea nominală înscrisă pe tăbliţa motorului.

Caracteristica de turaţie a motorului alimentat prin redresor. Cu ajutorul expresiilor (22) şi (23), se pot trasa familii de caracteristici $\mathbf{e} = f(I_d)$, luînd U_m = const., U_0 = const., α_a = const. şi φ variabil sau U_m = const., U_0 = const., φ = const. şi α_a variabil. După cum s-a spus mai sus, **e** se poate considera ca un factor de turaţie, astfel încît aceste caracteristici reprezintă cu suficientă aproximaţie caracteristica turaţie-curent sau turaţie-cuplu a motorului (excitaţia fiind constantă, cuplul motor este direct proporţional cu I_d). Forma acestor caracteristici este arătată în fig. 14 şi 15.

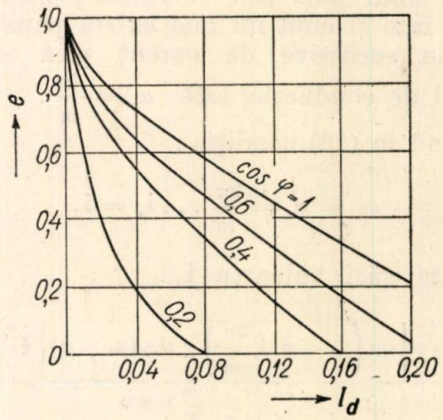


Fig. 14. Caracteristica de turaţia a ansamblului redresor motor (valori normate). Cazul φ variabil şi α_a constant.

Dacă motorul ar fi fost alimentat sub tensiune continuă şi constantă, s-ar fi obţinut o caracteristică normată liniară. În adevăr, se poate scrie în acest caz :

$$E_i = U - RI$$

$$\frac{E_i}{U} = 1 - \frac{RI}{U}.$$

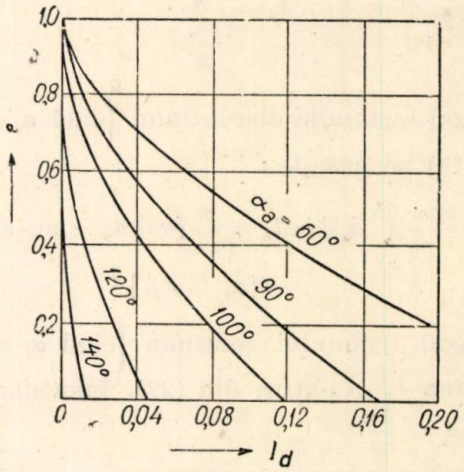


Fig. 15. Caracteristica de turaţie a ansamblului redresor-motor (valori normate). Cazul α_a variabil şi φ constant.

Deci în cazul unei surse de curent continuu, caracteristica normată este :

$$\mathbf{e}_{cc} = 1 - \mathbf{I}_{cc} \qquad (32)$$

Pentru comparaţie, în fig. 16 s-a reprezentat caracteristica $\mathbf{e} = f(\mathbf{I}_d)$ în cazul alimentării prin redresor şi caracteristica $\mathbf{e}_{cc} = f(\mathbf{I}_{cc})$ în cazul alimentării de la o sursă de curent continuu.

Se vede din nou inferioritatea redresorului faţă de sursa de curent continuu. Deficienţele scoase în evidenţă în diagramele din fig. 12 şi 16 sînt preţul care trebuie plătit pentru a dobîndi avantajele acţionării electrice care

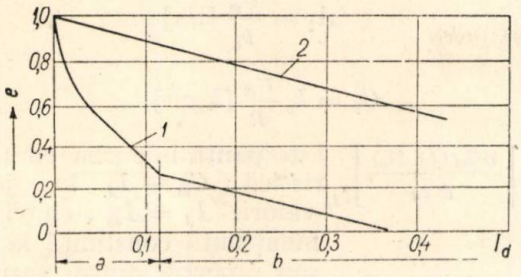


Fig. 16. Comparaţie între caracteristica de turaţie în cazul alimentării prin redresor (1) şi în cazul alimentării de la o sursă de curent continuu (2).

permite reglajul electronic. Un regulator electronic de turaţie (în care intră ansamblul redresor-motor) permite realizarea unei caracteristici turaţie-cuplu de forma ideală arătată punctat în fig. 16. Dacă se compară această caracteristică cu caracteristica $\mathbf{e}_{cc} = f(\mathbf{I}_{cc})$ apare evidentă, indiscutabila superioritate a acţionării electronice.

Regimul tranzitoriu

Un regim tranzitoriu în funcţionarea ansamblului redresor-motor poate fi provocat fie de variaţia unghiului de aprindere α_a, fie de variaţia sarcinii (cuplul rezistent C_r la axul motorului).

Cînd variază α_a, variază implicit unghiul de stingere α_s, curentul mediu prin indus I_d, cuplul motor C_m, turaţia şi forţa contraelectromotoare E_i. Cînd variază C_r, aceasta poate influenţa direct funcţionarea motorului, iar dacă ansamblul redresor-motor face parte dintr-o schemă de reglare automată a turaţiei, variaţia lui Ω provocată de variaţia lui C_r produce imediat variaţia lui α_a, cu toate consecinţele sale.

Pentru a putea studia regimul tranzitoriu şi stabilitatea sistemului de reglare automată este necesar să găsim o funcţie de transfer pentru legătura dintre variaţia $\Delta\alpha_a$ a unghiului de aprindere şi variaţia $\Delta\Omega$ a turaţiei, pe de o parte şi o altă funcţie de transfer pentru legătura dintre variaţia ΔC_r a cuplului rezistent şi variaţia $\Delta\Omega$.

Dat fiind că atît redresorul cît şi motorul au o funcţionare neliniară, sîntem nevoiţi să limităm analiza de mai jos pentru cazul micilor abateri în jurul unor valori medii, corespunzătoare punctului de funcţionare nominal al ansamblului. În modul acesta, se vor putea scrie ecuaţii liniare şi se va utiliza principiul suprapunerii efectelor.

Pentru a păstra rezultatele obţinute în paragrafele anterioare, se va utiliza mai departe valoarea normată $\mathbf{e}$ a forţei contraelectromotoare şi valoarea normată $\mathbf{I}_d$ a curentului mediu din indus.

Dat fiind că, datorită inerţiei mecanice a motorului, variaţiile turaţiei Ω şi deci a lui $\mathbf{e}$ sînt foarte lente în raport cu perioada $T = 20$ ms a tensiunii de alimentare a redresorului, se poate considera că I_a (sau $\mathbf{I}_d$) sînt valori instantanee pentru regimul tranzitoriu al motorului, deşi ele sînt valori medii în ce priveşte fenomenele din circuitul de alimentare al indusului.

Pe de altă parte, pentru a putea utiliza nemodificată expresia (22) a curentului mediu, vom considera că intervalul de luare a mediei rămîne tot $\frac{2\pi}{m}$, deşi în realitate este $\frac{2\pi}{m} + \mathrm{d}(\Delta\alpha_a)$; aici, prin $\mathrm{d}(\Delta\alpha_a)$, se înţelege fracţiunea din variaţia totală $\Delta\alpha$ care revine intervalului de timp dintre două aprinderi succesive ale aceluiaşi tiratron. Această aproximaţie este justificată în aplicaţii, deoarece variaţia $\Delta\alpha_a$ este foarte lentă în raport cu frecvenţa de 50 Hz a reţelei de alimentare şi $\mathrm{d}(\Delta\alpha_a) \ll \frac{2\pi}{m}$.

În concluzie vom scrie:

$$\left.\begin{aligned}
\alpha_a &= \alpha_{a_0} + \Delta\alpha_a \\
\alpha_s &= \alpha_{s_0} + \Delta\alpha_s \\
\alpha_{c_0} &= \alpha_{s_0} - \alpha_{a_0} \\
\mathbf{e} &= \mathbf{e}_0 + \Delta\mathbf{e} \\
\Omega &= \Omega_0 + \Delta\Omega \\
\mathbf{I}_d &= \mathbf{I}_{d0} + \Delta\mathbf{I}_d \\
C_r &= C_{r0} + C_r
\end{aligned}\right\} \qquad (33)$$

şi vom considera o funcţionare liniară pentru abaterile Δ; apoi vom folosi mai departe rezultatele analizei regimului permanent, date mai sus.

Plecînd de la relaţiile (16) şi (22), în care α_a, α_s, $\mathbf{e}$ şi $\mathbf{I}_d$ se consideră variabile cu timpul, luînd derivatele şi eliminînd pe α_s, se obţine:

$$A_0 \frac{d}{dt}\mathbf{e} + B_0 \frac{d}{dt}\alpha_a + C_0 \frac{d}{dt}\mathbf{I}_d = 0. \qquad (34)$$

Ţinînd seamă de (33), în care abaterile Δ se consideră nule în momentul iniţial al regimului tranzitoriu (sistemul pleacă din regimul permanent cu valorile α_{a_0}, α_{s_0}, $\mathbf{e}_0$, $\mathbf{I}_{d_0}$) şi luînd transformata Laplace a ecuaţiei (34) se obţine

$$A_0\,\Delta\mathbf{e}(s) + B_0\,\Delta\alpha_a(s) + C_0\,\Delta\mathbf{I}_d(s) = 0. \qquad (35)$$

În care prin $\Delta\mathbf{e}(s)$, $\Delta\alpha_a(s)$, $\Delta\mathbf{I}_d(s)$ se înţeleg transformatele Laplace ale abaterilor $\Delta\mathbf{e}(t)$,

$\Delta\,\alpha_a\,(t)$, $\Delta I_d\,(t)$, iar constantele A_0, B_0, C_0 sînt date de expresiile :

$$A_0 = \epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi} - 1 + \frac{1}{m}\cdot\frac{\alpha_{c0}}{\sin\alpha_{s0} - e_0}\left[\epsilon^{\alpha_{a_0}\operatorname{cotg}\varphi}\cdot e_0 - \right.$$
$$-\cos\varphi\,\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot\sin(\alpha_{c0} - \varphi) -$$
$$\left. -\epsilon^{\alpha_{c_0}\operatorname{cotg}\varphi}\cdot\cos(\alpha_{s0} - \varphi)\right] \qquad (36)$$

$$B_0 = -\left|\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot e_0 - \cos\varphi\cdot\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot\sin(\alpha_{s_0} - \right.$$
$$\left. -\varphi) + \cos\varphi\cos(\alpha_{a_0} - \varphi)\right| +$$
$$+\frac{1}{m}\cdot\frac{\sin\alpha_{a0} - e_0}{\sin\alpha_{s0} - e_0}\left[\epsilon^{\alpha_{c_0}\operatorname{cotg}\varphi}\cdot e_0 - \right.$$
$$-\cos\varphi\cdot\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot\sin(\alpha_{c_0} - \varphi) -$$
$$\left. -\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot\cos.(\alpha_{c_0} - \varphi)\right] \qquad (37)$$

$$C_0 = \frac{2\,\pi/m}{\sin\alpha_{s0} - e_0}\left[\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot e_0 - \right.$$
$$\cos\varphi\cdot\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot\sin(\alpha_{s_0} - \varphi) -$$
$$\left. -\epsilon^{\alpha_{c_0}\cdot\operatorname{cotg}\varphi}\cdot\cos\varphi\cdot\cos(\alpha_{s0} - \varphi)\right] \qquad (38)$$

După cum se vede, aceste constante adimensionale pot fi calculate cu uşurinţă dacă se cunosc parametrii regimului permanent nominal (α_{a_0}, α_{s_0}, e_0) şi factorul de putere al circuitului indusului ($\cos\varphi$).

Pe lîngă ecuaţia (34), se poate obţine a doua ecuaţie fundamentală pentru regimul tranzitoriu, scriind ecuaţia de echilibru dinamic la axul motorului. :

$$C_m(t) = \mathcal{J}\frac{d\,\Omega\,(t)}{dt} + f\,\Omega\,(t) + C_r\,(t) \qquad (39)$$

în care : C_m este cuplul motor sau cuplul electromagnetic [kgm]; $\mathcal{J}$ — momentul de inerţie total la axul motorului (ţinînd seamă de masa rotorului şi de masa antrenată a sarcinii [kgms^2]; f — coeficientul de frecare vîscoasă [kgms]; C_r — cuplul rezistent [kgm]; Ω — viteza unghiulară a motorului [rad/s].

Motorul fiind cu excitaţie separată constantă, cuplul motor se poate scrie :

$$C_m = k_c\,I_d. \qquad (40)$$

Luînd în considerare abaterile mici şi condiţii iniţiale nule, se obţine forma operaţională a ecuaţiei (39) :

$$k_c\,\Delta I_d\,(s) = (\mathcal{J}s + f)\,\Delta\Omega(s) + \Delta C_r\,(s) \qquad (41)$$

în care $\Delta I_d(s)$, $\Delta\Omega(s)$, $\Delta C_r(s)$ sînt transformatele Laplace ale abaterilor $\Delta I_d(t)$, $\Delta\Omega(t)$, $\Delta C_r(t)$.

Cu notaţiile (21) şi

$$e \cong \frac{E_i}{U_m} = \frac{K_e}{U_m} \qquad (42)$$

ecuaţia (41) se poate pune sub forma :

$$C_1\,\Delta I_d\,(s) = A_1(\mathcal{J}s + f)\,\Delta e\,(s) + \Delta C_r\,(s) \qquad (43)$$

în care :

$$A_1 = \frac{U_m}{k_e}\ [1/s]$$

$$C_1 = k_c\frac{U_m}{R}\ [\text{kgm}]$$

$k_c = \left[\frac{\partial C_m(I_d, \Omega_0)}{\partial I_d}\right]_{I_{d_0}}$ este panta la curba caracteristică $C_m - I_d$ în jurul valorii $I_d = I_{d_0}$, cu viteza menţinută constantă la Ω_0, sau raportul dintre variaţia de cuplu motor şi variaţia corespunzătoare a curentului mediu din indus, cînd viteza nu se abate de la valoarea Ω_0. [kgm/A];

$k_e = \left[\frac{\partial E_i(C_{m0}, \Omega)}{\partial\Omega}\right]_{\Omega_0}$ este panta la curba caracteristică $E_i - \Omega$ în, jurul valorii $\Omega = \Omega_0$ cu cuplul menţinut constant la C_{m0}, sau raportul dintre variaţia de o forţă contraelectromotoare şi variaţia vitezei, cînd cuplul nu se abate de la valoarea C_{m0} [V.s].

Ecuaţiile (35) şi (43) permit găsirea imediată a funcţiilor de transfer căutate.

Dacă $\Delta\,C_r = 0$ se obţine :

$$\frac{\Delta e\,(s)}{\Delta\alpha_a(s)} = -\frac{B_0/A_0}{\frac{A_1 C_0}{A_0 C_1}(\mathcal{J}s + f) + 1} \qquad (44)$$

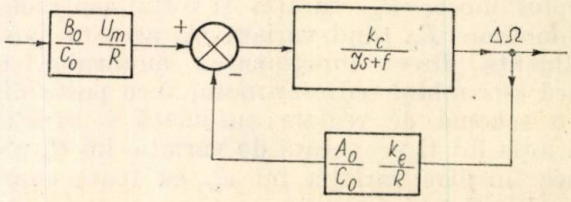


Fig. 17. Schemă echivalentă pentru variaţia turaţiei provocată de variaţia unghiului de aprindere.

Dacă $\Delta\alpha_a = 0$ se obţine :

$$\frac{\Delta e\,(s)}{\Delta C_r(s)} = -\frac{C_0/A_0C_1}{\frac{A_1 C_0}{A_0 C_1}(\mathcal{J}s + f) + 1}. \qquad (45)$$

Dacă frecarea poate fi considerată neglijabilă, expresiile (44) şi (45) se simplifică, punînd $f = 0$:

$$\frac{\Delta e(s)}{\Delta\alpha_a(s)} = -\frac{B_0/A_0}{Ts + 1} \qquad (46)$$

$$\frac{\Delta e(s)}{\Delta C_r(s)} = -\frac{C_0/A_0 C_1}{Ts + 1} \qquad (47)$$

în care $T = \frac{A_1 C_0}{A_0 C_1} I = \frac{C_0}{A_0} \frac{RI}{k_c k_e}$ [s] este constanta de timp a regimului tranzitoriu, aceeaşi fie pentru variaţiile provocate de $\Delta\alpha_a$ fie pentru cele provocate de ΔC_r. De la mărimea **e**, se

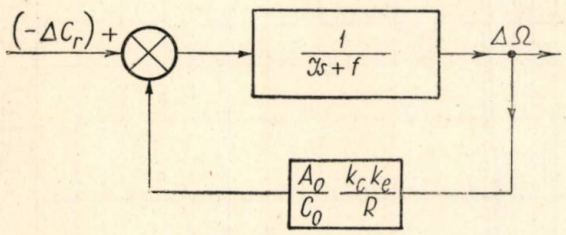


Fig. 18. Schemă echivalentă pentru variaţia turaţiei provocată de variaţia cuplului de sarcină.

poate trece imediat la mărimea Ω, după relaţia (42); în acest caz, în relaţiile (44) — (47) se înlocuieşte **e** cu Ω, iar membrul al doilea vine înmulţit cu U_m/k_e. Astfel, de pildă, în locul relaţiilor (44) şi (45) se pot utiliza expresiile:

$$\frac{\Delta(s)}{\Delta\alpha_a(s)} = -\frac{\frac{B_0}{A_0}\frac{U_m}{R}}{\frac{C_0 R}{A_0 K_e K_e}(Is + f) + 1} \qquad (48)$$

$$\frac{\Delta(s)}{\Delta C_r(s)} = -\frac{\frac{C_0 R}{A_0 k_c k_e}}{\frac{C_0 R}{A_0 K_e K_e}(Is + f) + 1} \qquad (49)$$

Funcţia de transfer (48) corespunde schemei echivalente din fig. 17, iar funcţia de transfer (49) corespunde schemei echivalente din fig. 18. Aceste două scheme sînt cazuri particulare ale schemei echivalente generale din fig. 19, pentru $\Delta C_r = 0$ sau $\Delta\alpha_a = 0$. Schema generală poate servi pentru realizarea unui circuit de simulare electronică a ansamblului

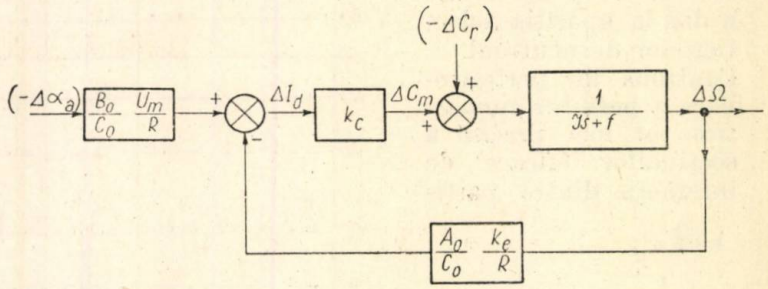


Fig. 19. Schemă echivalentă generală a ansamblului redresor-motor.

redresor-motor. Trebuie să se menţioneze că pentru fiecare punct mediu de funcţionare al redresorului corespund alte valori pentru coeficienţii A_0, B_0, C_0; de asemenea parametrii k_c şi k_e au valori diferite după poziţia punctului mediu de funcţionare pe caracteristicile motorului.

BIBLIOGRAFIE

[1] BULGAKOV A. A. : *Elektronnîie ustroistva avtomaticeskovo upravlenia.* Gosenergoizdat, Moscova, 1958.
[2] PUCHLOWSKI K. P. : *Electronic Control of D-C Motors.* Trans. Amer.Inst. electr. Engrs. vol. 62 (1943) p. 870—877.
[3] HARRIS L. DALE : *Servomechanism Characteristics of D-C Motor Driven by Controlled Rectifiers.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs., vol. 70 (1951) p. 1582—1588.
[4] BONNET P. : *Etude du comportement dynamique des asservissements comportant des thyratrons,* L'Onde Electrique, Nr. 335, Février, 1955.

GEORGE IONESCU*)

Evoluţia selectoarelor de neutroni

CZ 539.185.08

1. Introducere

Dezvoltarea prodigioasă a fizicii nucleare din ultimele două decenii a ajuns să pună problema structurii nucleelor. Această problemă a devenit problema principală pe care şi-o pune fizica teoretică şi experimentală în epoca actuală. Ori, pentru rezolvarea acestei probleme, sînt necesare cît mai multe informaţii relative la nucleu.

Astfel de informaţii ne sînt date de reacţiile nucleare; prin determinarea energiilor la care au loc reacţiile aşa zise „de rezonanţă", se determină direct nivelele de energie ale nucleului bombardat; din cauză că nucleele au o barieră de potenţial coulombian, pentru bombardare se preferă neutronii, care spre deosebire de particulele încărcate, nu sînt respinşi de nucleu[1]).

Pentru determinarea secţiunilor de captură (sau „de activare"), ale diferitelor elemente, repartiţia în spaţiu a neutronilor la împrăştierea inelastică, etc, care depind de energia neutronilor bombardanţi, ca şi pentru a evita

*) Ing. G. IONESCU este inginer la Institutul de fizică atomică al Academiei R. P. R.

[1]) Interacţia neutronilor cu cîmpul nuclear (mezonic) are loc la distanţe cu multe ordine de mărime mai mici decît distanţele la care au loc interacţiile coulombiene.

efectul Doppler-Fizeau care produce lărgirea şi prin aceasta confundarea crestelor de rezonanţă (fig. 1), este necesară iradierea piesei cu neutroni monocromatici. Această necesitate a dus la apariţia selectoarelor de neutroni. Continua lor perfecţionare a permis o cunoaştere tot mai precisă a secţiunilor eficace de interacţie dintre parti-

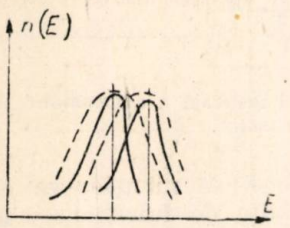


Fig 1. Confundarea crestelor de rezonanţă cauzată de efectul Doppler-Fizeau : linii pline — curbe reale ; linii întrerupte lărgiri datorite efectului Doppler-Fizeau.

culele bombardante şi nucleul bombardat. (Reamintim că mărimea denumită „secţiune eficace" este o măsură a gradului de interacţie dintre cele două particule) (fig. 2 după [1]).

Evident, cunoaşterea tot mai amănunţită a energiilor de rezonanţă şi a semilărgimii crestelor, va contribui în ultimă instanţă la o mai bună cunoaştere a structurii nucleului, a forţelor nucleare şi poate chiar a structurii particulelor elementare (a nucleonilor), care ar constitui cea de a treia etapă după cunoaşterea structurii atomilor şi a nucleelor.

Folosul practic imediat al acestor cunoştinţe, va fi, desigur, perfecţionarea reactoarelor nucleare existente şi, deci, într-un viitor apropiat, ieftinirea energiei atomo-electrice.

În al doilea rînd, se va găsi poate modalitatea de a transforma direct energia de dezintegrare (sau de fuziune)[2] în energie electrică ; această transformare va deschide posibilităţi aproape nelimitate în ceea ce priveşte producerea de energie. Cercetările, atît de necesare din punct de vedere ştiinţific, sînt însă cu atît mai necesare din punct de vedere practic ; să nu uităm că randamentul reactoarelor nucleare cu neutroni termici, care este egal cu 25% din punctul de vedere al transformării căldurii produse în energie electrică, este totuşi astăzi aproxi-

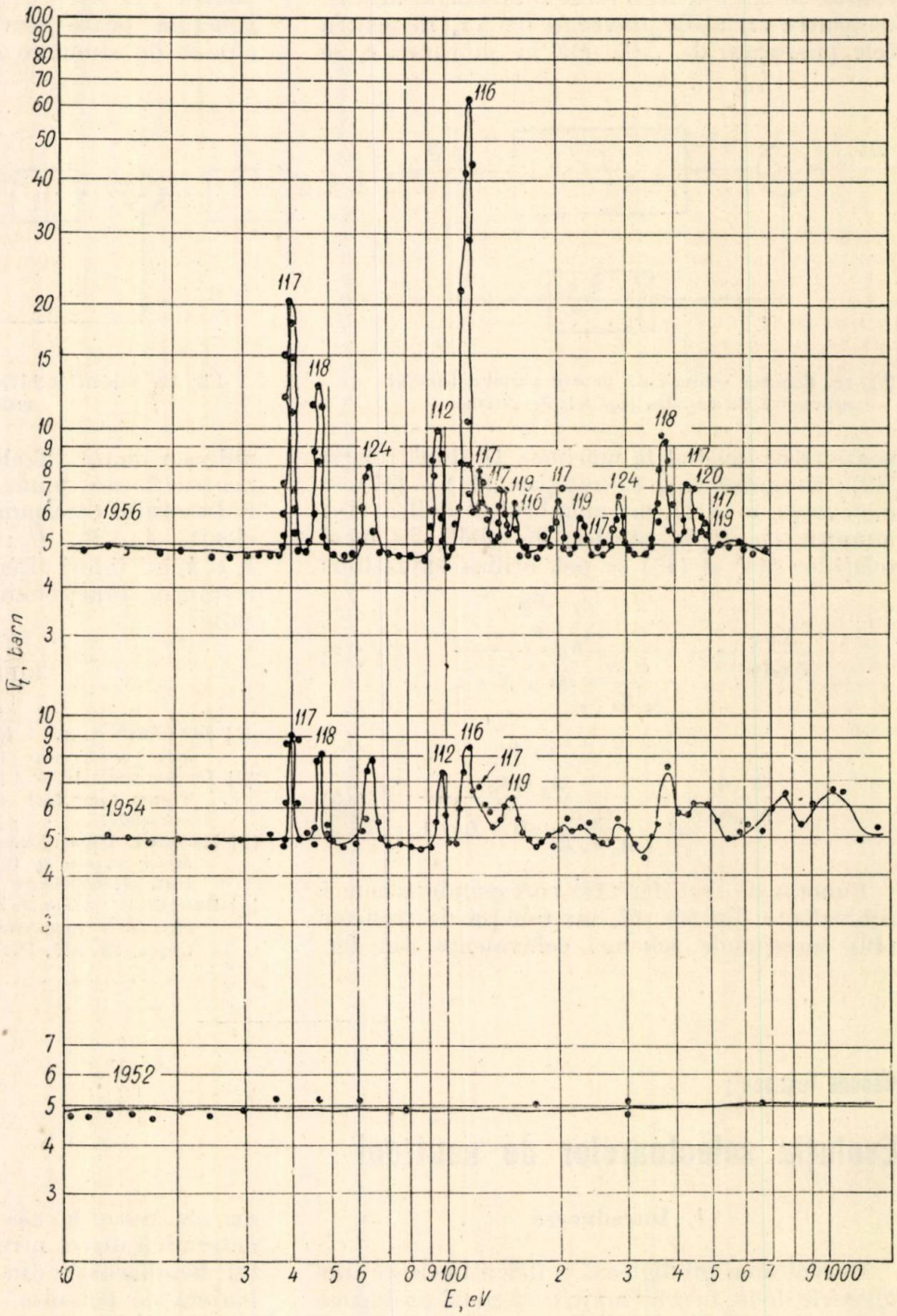


Fig. 2. Secţiunea totală a Sn, dată în atlasul de secţiuni eficace (AECU-2040, 1952), în al treilea supliment al acestui atlas (1954) şi în atlasul de secţiuni eficace pentru neutroni (BNL-325, 1955) ; după [1].

[2]) Sînt demne de semnalat în această privinţă încercările făcute cu ajutorul instalaţiei „Zeta" [103] de a produce energie cu ajutorul reacţiilor termo-nucleare.

mativ de acelaşi ordin de mărime cu randamentul maşinii cu abur de pe vremea lui NEWCOMEN, adică derizoriu faţă de posibilităţile existente din punct de vedere al fracţiunii de energie conţinută în uraniu, care se transformă efectiv în energie electrică.

Înainte de a trece la tratarea subiectului propriu-zis, se va face o scurtă critică a termenului de „selector", termen de origină franceză, care a fost adoptat însă la noi din literatura de specialitate engleză, fără o examinare prealabilă şi de aceea este folosit pentru a desemna atît monocromatoare propriu-zise, cît şi dispozitivele de tip „filtru trece sus" sau „filtru trece jos". În limba romînă „a selecta" semnifică separarea unei benzi dintr-un spectru (de exemplu un amplificator „selectiv" amplifică numai o frecvenţă anumită dintr-un întreg spectru, adică „o selectează"). În această accepţie, cu termenul selector ar trebui să fie denumite numai manocromatoarele[3]), adică selectoarele de tip „filtru trece bandă".

Tot astfel, dispozitivul electronic folosit în metoda timpului de zbor ar trebui numit „analizor" şi nu „selector", aşa cum greşit se spune, întrucît el analizează numai fasciculul de neutroni, şi nu „selectează" nici o anumită bandă de energie din spectrul de energii al neutronilor, pe probă (ţintă) căzînd neutroni de toate energiile.

Pentru selectoarele tip „filtru trece sus" (fig. 3) tinde să se încetăţenească termenul englezesc de „chopper" care înseamnă „satîr" sau „tocător", şi pentru care în limba romînă există deja neologismul „obturator", pe care îl vom folosi în cuprinsul articolului.

Ca exemple de „filtre trece jos" citäm moderatoarele de toate categoriile, care nu lasă să treacă decît neutronii încetiniţi prin împrăştiere cvasielastică. Funcţia lor de transmisie este însă mai complicată decît simpla oglindire faţă de axa ordonatelor, a caracteristicii din fig. 3.

Înainte de a trece la selectoarele mecanice propriu-zise, se vor prezenta — foarte pe scurt — selectoarele cu cristal, primele care au apărut în ordine cronologică.

Selectoarele cu cristal [15—21], [35], [41—44], [58], [73], au o caracteristică de tip „filtru trece bandă", fiind constituite din cristale, care reflectă numai neutronii care au unda

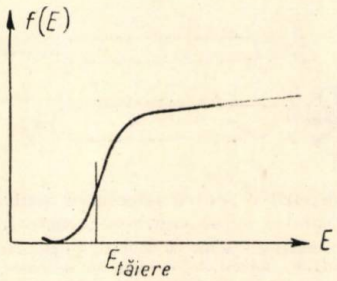


Fig. 3. Caracteristica de trecerea unui obturator pentru neutroni (tip „filtru trece sus").

asociată centrată în jurul lungimii de undă care satisface condiţia de maxim la interferenţă sau condiţia lui Bragg (fig. 4):

$$n\,\lambda = 2\,d\,\sin\theta, \qquad (1)$$

[3]) Monocromatoare şi „a monocromatiza"; se foloseşte însă şi termenul de „monocromatizor".

λ fiind lungimea de undă asociată neutronilor prin relaţiile:

$$\left.\begin{aligned} E &= \frac{1}{2}\,m\,v^2 = h\nu \text{ (relaţia pentru energie)} \\ p &= m\,v = \frac{h}{\lambda} \quad \text{(relaţia pentru impuls)} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

de unde

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2\,mE}}, \qquad (2')$$

în care m este masa neutronului, v- viteza lui, h- constanta lui Planck, n — ordinul interferenţei, d — distanţa între planele cristaline, iar θ — unghiul de elevaţie (complementul celui de incidenţă) al fasciculului de neutroni faţă de planul cristalin.

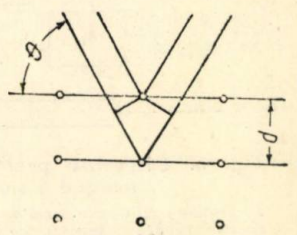


Fig. 4. Reflecţia undelor asociate pe cristale.

Aceste selectoare funcţionează în domeniul de energii corespunzător lungimilor de undă asociată de 4—10 Å.

Puterea lor de rezoluţie scade repede cu energia, energia maximă la care mai pot fi utilizate fiind limitată la circa 10 eV.

În cele ce urmează ne vom ocupa întîi de metoda timpului de zbor care stă la baza tuturor dispozitivelor ce analizează fascicolele de neutroni, iar apoi de evoluţia, principiile de funcţionare şi unele principii de calcul şi de proiectare ale selectoarelor mecanice de neutroni.

2. **Metoda timpului de zbor** [4], [11], [14], [22—23], [26—34] [35—37], [45], [54], [60], [71], [76—78] etc.

Pe scurt, selectarea (sortarea) neutronilor prin această metodă constă în următoarele:

După străbaterea unei distanţe numită „bază de zbor", pulsul de neutroni (obţinut de la o sursă pulsantă, sau de la o sursă continuă cu ajutorul unui întreruptor — aşa numitul chopper) se lăţeşte în timp, primii neutroni care ajung la capătul bazei de zbor fiind cei mai rapizi, apoi cei mai puţin rapizi etc. Un dispozitiv electronic, comută un detector de neutroni pe diferiţi numărători, fiecare numărător efectuînd numărătoarea într-un interval de timp Δt, numit „lărgime de canal" (de ordinul a 2 pînă la 0,2 μs).

Schema unui dispozitiv pentru selectarea neutronilor poate fi de două tipuri, după cum sursa de neutroni este pulsantă sau continuă.

În general, o astfel de instalaţie se compune din:

1) sursa de neutroni;
2) rotorul pentru selectarea mecanică a neutronilor, după viteze;
3) proba de studiat;

4) baza de zbor, adică distanţa pe care o au de străbătut neutronii, constituită, de obicei, dintr-un tub umplut cu He rarefiat (la $10^{-3}-10^{-5}$mm Hg), care permite evitarea împrăştierilor ce s-ar produce prin ciocnire cu nucleele de azot şi oxigen din atmosferă;
5) analizorul electronic;
6) dispozitivul de declanşare al analizorului electronic;
7) dispozitivul de stabilizare automată a turaţiilor, etc.

În cazul unei surse pulsante (ciclotron, accelerator electrostatic, accelerator liniar etc.), se obţin direct pulsuri de neutroni, prin bombar-

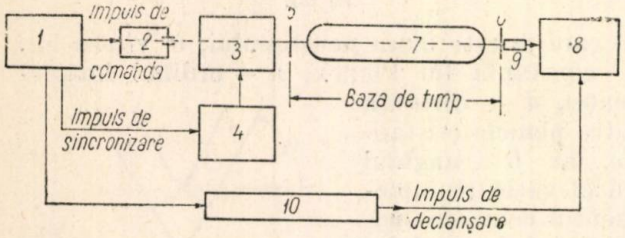


Fig. 5. Dispozitiv pentru selectarea neutronilor, folosind o sursă pulsantă:

1 — oscilator pilot; *2* — sursă de ioni; *3* — accelerator; *4* — generatorul tensiunilor de accelerare; *5* — ţintă (material-sursă de neutroni); *6* — proba de studiat; *7* — tubul cu heliu rarefiat; *8* — analizor electronic; *9* — detector de neutroni; *10* — linie de întîrziere.

darea cu particule încărcate a unor nuclee care dau reacţii ce produc neutroni, de tip (p, n), (d, n), (γ, n) etc. Frecvenţa de repetiţie a impulsurilor este aici egală cu frecvenţa unui generator pilot, de obicei stabilizat cu cuarţ, care comandă sursa de ioni, tensiunile de accelerare etc. Schema bloc a unei astfel de instalaţii se poate vedea în fig. 5.

După cum se vede din fig. 5, semnalul de comandă dat de oscilatorul pilot comandă deschiderea sursei de ioni şi sincronizează generatorul tensiunilor de accelerare folosite în accelerator pentru a mări viteza ionilor produşi de sursa de ioni. Prin intermediul unei linii de întîrziere, care întîrzie semnalul de declanşare a analizorului electronic cu un interval de timp egal cu timpul în care neutronii cei mai rapizi străbat baza de timp, se comandă analizorul electronic.

Schema are două variante, după cum accelerarea se face cu un accelerator de tip liniar (fără cîmp magnetic perpendicular pe traiectoria ionilor) în care caz traiectoria ionilor este rectilinie, sau cu un accelerator de tip ciclotron (ciclotron, sincrotron, fazotron etc.), în care caz ionii au o traiectorie în formă de spirală, acceleratorul folosind un acelaşi cîmp pentru a accelera ionii de mai multe ori, menţinerea ionilor în cîmpul accelerator făcîndu-se cu ajutorul unui cîmp magnetic care produce curbarea traiectoriei lor. În ambele cazuri, neutronii produşi străbat o bază de timp rectilinie, deoarece neavînd sarcină, nu le putem curba traiectoria în nici un fel.

Avantajul folosirii surselor pulsante constă în faptul că neutronii obţinuţi sînt monoenergetici; de exemplu, cu un accelerator electrostatic se poate ajunge la definiri de 2—3 keV, la energii de ordinul MeV, sau chiar mai bine.

Dacă avem o sursă continuă de neutroni (de exemplu un reactor nuclear), selectarea neutronilor după energii (sau viteze, deoarece $E = \frac{1}{2} mv^2$) constituie o operaţie suplimentară, foarte anevoie de făcut. Avantajul reactoarelor ca surse continue însă, îl constituie fluxul intens (10^9 neutroni/cm^2.s în canalele experimentale), care întrece cu mult (la limita superioară) tot ceea ce pot da sursele pulsante. Neutronii obţinuţi au însă un spectru de viteze foarte larg (la ieşirea din moderator au energii cuprinse între 0,0001 eV şi 10 MeV); de aceea, pentru cercetări trebuie aleasă fracţiunea din fasciculul de neutroni care are energia dorită, sau o anumită bandă de energii. Această necesitate a dus la construirea de selectoare mecanice, care pot face selectarea energiilor din domeniul termic (energii de la 0,001 eV, pînă la energii de cîţiva eV) şi de rezonanţă (de la 1 eV la zeci de keV).

Schema bloc a unei instalaţii care foloseşte o sursă care emite continuu neutroni este reprezentată în fig. 6. Caracteristica rotorului este de tip „filtru trece sus" dar se pot folosi şi rotori de altă construcţie, cu caracteristică „filtru trece bandă", astfel încît în punctul B găsim pulsuri de neutroni, care au energiile cuprinse într-o anumită bandă de energie, similar cu ceea ce ne dă (direct) sursa pulsantă. Restul schemei este identic cu cea din fig. 5, afară de sistemul de declanşare, care foloseşte semnalul dat de o fotocelulă; fotocelula dă semnal numai cînd o rază de lumină, produsă de o sursă auxiliară, trece prin canalul obturatorului, fiind reflectată de oglinzile de aluminiu (a, a). (Aluminiul este practic transparent pentru neutroni). Semnalul este întîrziat cu un

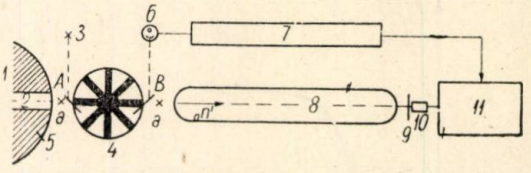


Fig. 6. Dispozitiv pentru selectarea neutronilor, folosind o sursă continuă (reactor):

1 — reactor; *2* — canal; *3* — sursă de lumină; *4* — obturator; *5* — protecţia reactorului; *6* — fotocelulă; *7* — linie de întîrziere; *8* — tub cu heliu rarefiat; *9* — proba de studiat; *10* — detector; *11* — analizor electronic.

interval de timp egal cu timpul de tranzit al neutronilor rapizi şi folosit apoi pentru declanşarea analizorului electronic. În locul fotocelulei se poate folosi un cap de magnetofon situat în faţa rotorului, în care caz trebuie să fixăm pe rotor un material feromagnetic magnetizat în prealabil; acesta induce un semnal în bobina capului la fiecare rotaţie, frecvenţa de repetiţie a semnalului, fiind proporţională cu turaţia obturatorului. În fig. 7 este repre-

zentată repartiţia în timp a impulsurilor de deschidere a diferitelor canale de înregistrare.

S-a ajuns astăzi la analizoare cu 256—1 024 de canale, [65], care înregistrează direct spectrul, fie pe ecranul unui oscilograf catodic

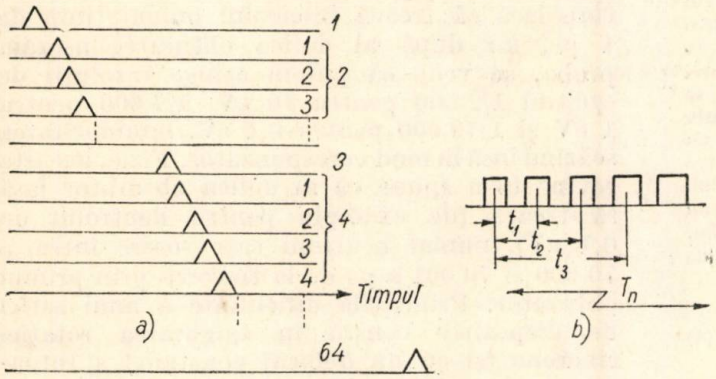


Fig. 7. Schema repartiţiei în timp a impulsurilor de deschidere a canalelor de înregistrare:

a — repartiţia impulsurilor de deschidere; *b* — deschiderea canalelor
1 — impuls de declanşare a analizorului; *2* — canale pentru măsurarea fondului de neutroni; *3* — impuls de deschidere pentru canalele de măsură; *4* — canale de măsură (înregistrare).

(memorie electrostatică 256 canale), fie pe o placă din material feromagnetic (memorie magnetică 1 024 canale) [64—65], [94].

3. Descrierea unor construcţii de obturatoare

a) Obturatorul mecanic pentru neutroni. Ideea unui selector mecanic apare la puţin timp după descoperirea neutronului, şi anume în 1935 [99]. Această idee a fost reluată de FERMI, MARSHALL şi MARSHALL [14], abia după 12 ani; obturatorul construit de aceşti autori este reprezentat în fig. 8.

Corespunzătorul actual al acestui tip de selector este obturatorul de neutroni, care închide ritmic calea fasciculului de neutroni dînd pulsuri de neutroni de durată scurtă, neutronii conţinuţi în aceste pulsuri fiind caracterizaţi prin aceea că viteza lor depăşeşte o anumită viteză limită numită „viteza de tăiere a obturatorului". Ca performanţe, vom spune numai că durata pulsului de neutroni poate atinge 0,5 şi chiar 0,1 μs. Analiza energiilor neutronilor din impuls se face cu ajutorul unui analizor electronic. Constructiv, obturatorul este constituit din foi de material transparent (aluminiu) şi opac pentru neutroni (cadmiu) aşezate în sandviş, după cum se vede în fig. 8. Ulterior, construcţia s-a complicat, ajungîndu-se la obturatoare cu mai multe fante, cu viteze de rotaţie de 10 000—20 000 rot/min, cu fante mai mici de 0,1 mm etc.

În fig. 9 se poate vedea aspectul ex eiror al unui asemenea obturator [93].

Viteza de tăiere a obturatorului se poate deduce din condiţia ca timpul în care neutronii parcurg distanţa $l = 2R$ în canalul obturatorului, să fie egal cu timpul în care un punct A de pe periferia discului se roteşte cu unghiul φ, adică parcurge arcul S (fig. 10). Deci:

$$t = \frac{S}{\omega R} = \frac{l}{v} \qquad v = \frac{l\,\omega R}{S} = \frac{2\omega R^2}{S}, \qquad (3)$$

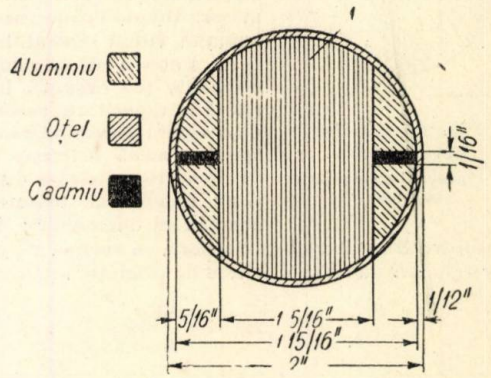


Fig. 8. Secţiune verticală prin obturatorul construit de FERMI, MARSHALL şi MARSHALL (după [2]).
1 — Sandviş din foite de Cd de 0,004"—0.008" alternînd cu foiţe de Al (1/32").

în care ω este viteza unghiulară, v — viteza neutronilor, iar R — raza rotorului.

După cum se vede, şi acest dispozitiv este tot o aplicaţie a principiului selectării pe bază

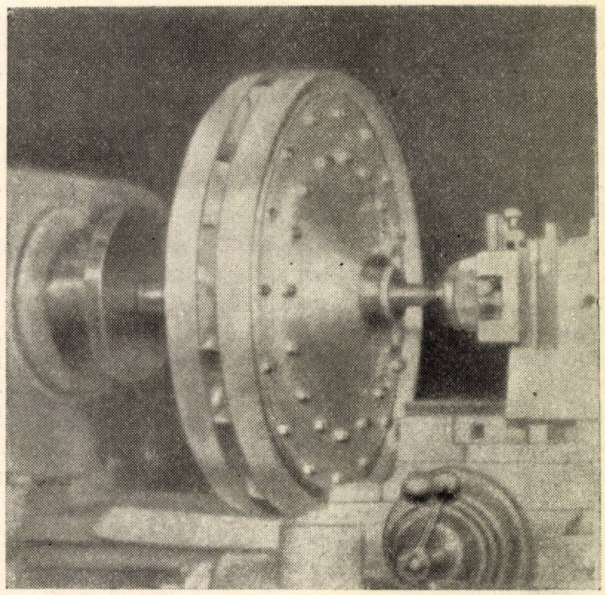


Fig. 9. Obturatorul de neutroni construit de centrul de cercetări olando-norvegian [93].

de „timp de zbor", timpul de zbor fiind aici timpul în care neutronii străbat obturatorul. Evident, cu cît fanta este mai îngustă şi viteza de rotaţie mai mare, numărul de neutroni care străbat obturatorul este mai mic, adică transparenţa dispozitivului scade; în schimb, puterea de rezoluţie creşte. În proiectare se face un compromis între cele două cerinţe, după caz.

Observaţie : De fapt, nu putem vorbi aici despre o putere de rezoluţie, deoarece dispozitivul nu monocromatizează fasciculul; aşa-zisa „putere de rezoluţie" $P = \Delta t/L$, în care Δt este eroarea cu care putem măsura timpul în care neutronii străbat baza de zbor de lungime L, reprezintă de fapt eroarea (în μs/m), cu care putem măsura timpul în care neutronii de o anumită viteză străbat lungimea de 1 m. Puterea de rezoluţie a unui dispozitiv (de exemplu în Optică) se referă la capacitatea acelui dispozitiv de a separa o anumită bandă dintr-un spectru, adică defineşte capacitatea de monocromatizare a dispozitivului, şi nu eroarea de măsură, fiind un număr fără dimensiuni; de exemplu, un filtru trece bandă care separă, la energia E, o bandă de energie ΔE va avea o putere de rezoluţie în energie :

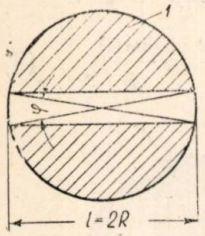


Fig. 10. Canalul obturatorului.
1 – material opac pentru neutroni.

$$P_E = \frac{\Delta E}{E} \tag{4}$$

sau, întrucît $E = \frac{1}{2} mv^2$, rezoluţia în viteză va fi :

$$P_V = \frac{\Delta v}{v} = \frac{1}{2}\frac{\Delta E}{E} = \frac{1}{2} P_e$$

se vede că mărimea astfel definită (care este puterea de rezoluţie definită corect), este o mărime fără dimensiuni, fapt care o deosebeşte esenţial de aşa-zisa „putere de rezoluţie-eroare" în μs/m, definită mai sus.

b) [4]) După construcţia primelor obturatoare s-a căutat să se obţină *monocromatizarea fasciculului folosind dispozitive din ce în ce mai complicate.* De exemplu, folosind două obturatoare aşezate succesiv unul după celălalt şi distanţate cu o distanţă egală cu baza de zbor L (fig. 5). Un astfel de dispozitiv, însă, nu poate fi folosit decît la sursele de neutroni foarte puternice, adică cu fluxuri foarte mari; într-adevăr, factorul de transmisiune al unui obturator este de ordinul 10^{-3}—10^{-4}, adică la fiecare 1 000 de neutroni incidenţi numai unul singur trece prin obturator. Factorul de transmisiune total al dispozitivului cu două obturatoare, este de ordinul 10^{-6}—10^{-8}. Avantajul unui astfel de dispozitiv ar fi însă marea sa putere de rezoluţie. Într-adevăr dacă considerăm că spectrul neutronilor care ies din primul obturator se întinde de la 0,1 la 10 eV, adică neutronii au viteze de ordinul :

pentru 0,1 eV . . . . . v = 4,375 km/s
pentru 1 eV . . . . . v =13,84 km/s
pentru 10 eV . . . . . v =43,75 km/s

şi ne reamintim că durata pulsului neutronic care iese dintr-un obturator este de ordinul unei μs, vom găsi că neutronii cu spectrul de la 0,1 pînă la 10 eV sosesc decalaţi în timp, după viteze, şi anume la o distanţă de 100 m, neutronii de 10 eV ajung la 2 500 μs de la trecerea prin primul obturator, cei de 1 eV la aproximativ 7 000 μs, adică la 4 500 μs faţă de cei de 10 eV, iar cei de 0,1 eV la aproximativ 70 000 μs de la trecerea prin primul obturator. Dacă distanţa între cele două obturatoare (baza de zbor) este de 50 sau 25 m, timpurile arătate mai sus sînt de două, respectiv de patru ori mai mici. Dacă acum, la capătul bazei de zbor, plasăm un al doilea obturator, care lasă să treacă fascicolul numai timp de 1 μs, iar după al doilea obturator aşezăm proba, se vede că putem atinge rezoluţii de ordinul 1/2 500 pentru 10 eV, 1/7 000 pentru 1 eV şi 1/70 000 pentru 0,1 eV, luminozitatea scăzînd însă în mod corespunzător. Fizic, aceasta revine la a spune că al doilea obturator lasă să treacă (de exemplu pentru neutronii de 0,1 eV), numai neutroni care sosesc între a 70 000 şi 70 001-a μs de la trecerea prin primul obturator. Principala dificultate a unui astfel de dispozitiv constă în asigurarea rotaţiei sincrone (şi cu un defazaj constant) a rotoarelor celor două obturatoare.

Un astfel de regulator de turaţie trebuie să atingă o stabilitate de turaţie de 1/10 000[5]). Stabilizarea turaţiei se poate face cu ajutorul unui dispozitiv electronic, comandat de o rază de lumină care cade pe o fotocelulă, care dă cîte un impuls la fiecare rotaţie a obturatorului. Intervalele de timp dintre impulsuri sînt direct proporţionale cu variaţiile turaţiei primului obturator. Un discriminator electronic de durată a impulsurilor, transformă aceste diferenţe de timp, în diferenţe de tensiune cu care se acţionează atît motorul celui de al doilea obturator, cît şi dispozitivul de declanşare al analizorului electronic.

O posibilitate de a face reglajul turaţiei este de a folosi impulsurile date de primul obturator pentru comanda unui generator audio. Frecvenţa acestui generator se compară apoi cu frecvenţa unui generator audio standard, diferenţele de frecvenţă fiind o măsură directă a nestabilităţii turaţiei rotorului. Printr-o buclă de reacţie aceste diferenţe de frecvenţă, transformate cu ajutorul unui tub de reactanţă în diferenţe de tensiune, pot acţiona asupra turaţiei celui de al doilea obturator, stabilizînd-o. Un astfel de dispozitiv electronic a folosit Mostovoi pentru reglajul turaţiei unui singur obturator cu canal drept; numai că acolo bucla de reacţie lipsea, comanda făcîndu-se manual în funcţie de diferenţa de frecvenţă care se putea citi la un aparat de măsură [2] (fig. 11).

Un alt dispozitiv pentru stabilizarea turaţiei şi fazei se poate găsi în [97], stabilizarea atingînd 1/10 000. Cu ajutorul unui astfel de dispozitiv putem reduce problema stabilităţii turaţiei la problema stabilităţii unor frecvenţe.

[4]) Dispozitiv propus de autor.

[5]) Dash şi Sommers [57] au folosit un motor de curent continuu alimentat la o sursă de 0,02% stabilitate, (a cărei tensiune putea fi variată între 7,5—750 V) ceea ce corespunde la o stabilitate de turaţie, reglată electronic (cu o buclă de reacţie) de 2 la 10 000.

Cum în orice oscilator obişnuit de radio sau chiar audio frecvenţă, stabilitatea frecvenţei poate atinge $10^4 - 10^7$, se vede că se rezolvă în felul acesta într-un mod ingenios, prin autoreglaj, problema stabilităţii turaţiei.

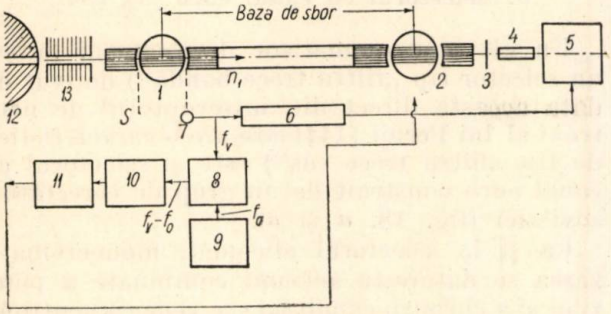


Fig. 11. Reglajul turaţiei la dispozitivul cu două obturatoare : *1* – obturator *I*; *2* – obturator *II*; *3* – proba de studiat; *4* – detector de neutroni; *5* – analizor electronic; *6* – linie de întîrziere; *7* – fotocelulă; *8* – mixer; *9* – generator audiostandard (f_0); *10* – discriminator de frecvenţă; (acordat pe $fv - f_0$) *11* – amplificator *12* – reactor; *13* – colimator.

4. Alte dispozitive : selectorul cu discuri, obturatorul lui Selove [83—84], [88], [56].

a) Un alt dispozitiv derivat din cele precedente este cel constituit *din două sau mai multe discuri cu fante transparente pentru neutroni* (fig. 12). Discurile se rotesc sincron; fantele fiind decalate cu un unghi φ. Neutronii

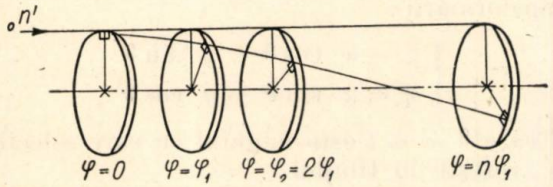


Fig. 12. Dispozitivul pentru monocromatizat neutroni, care foloseşte discuri ce se rotesc sincron, cu fante dispuse defazat la $\measuredangle \varphi$.

care trec dincolo de cele două fante, sînt monocromatizaţi; primul disc acţionează ca un filtru trece sus; al doilea disc acţionează tot ca un filtru trece sus, dar la o distanţă egală cu baza de zbor, de la primul disc. Durata pulsului neutronic scade în mod corespunzător (şi în consecinţă rezoluţia sistemului creşte în aceeaşi măsură). Defazajul dintre cele două discuri, face ca din neutronii care vin decalaţi în timp la al doilea disc, să nu treacă decît cei dintr-o anumită bandă, cuprinsă între neutronii care ajung la fanta celui de al doilea disc atunci cînd aceasta este deschisă şi neutronii cei mai lenţi care au o viteză egală cu viteza de tăiere a discului.

Folosind mai multe discuri, aşezate succesiv, se poate defini un canal prin care trec neutronii, canal care străbate toate fantele discurilor. Acest canal este de formă liniară sau elicoidală; ajungem în felul acesta la selectorul cilindric cu canale elicoidale. Comanda turaţiei şi a defazajelor discurilor se poate face electromagnetic (cu control electronic) ca şi în exemplul precedent, dispozitivul putînd constitui un monocromotator, analog celui constituit de două obturatoare care se rotesc defazate cu un unghi φ. O serie de astfel de dispozitive pentru neutroni reci au fost construite în ultimul timp (1954—1957) (publicate în [84] şi [88] în 1958).

b) *Selectorul lui Selove.* Deşi s-ar părea că dispozitivul cu discuri ce se rotesc uniform defazat ar fi trebuit să ne conducă direct la selectorul elicoidal, SELOVE [56] a descoperit selectorul elicoidal, pornind de la consideraţii asupra obturatorului. Anume, el a construit un cilindru cu un canal paralel cu axa, transparent pentru neutroni (fig. 13); evident, acest

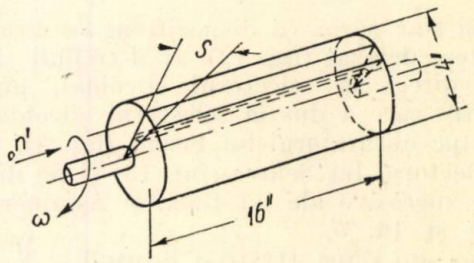


Fig. 13. Selectorul lui Selove (1952) (după [7]),

canal face acelaşi serviciu ca şi canalul obturatorului din fig. 10. (Comparaţi fig. 13 cu fig. 10). Acest prim selector cilindric funcţionează tot ca un filtru trece sus, analog cu obturatorul, păstrîndu-se relaţia (3). Forma pulsului obţinut ca şi funcţia de transmisie (fig. 14 şi 15) a cilindrului cu canale drepte sînt identice cu cele ale obturatorului.

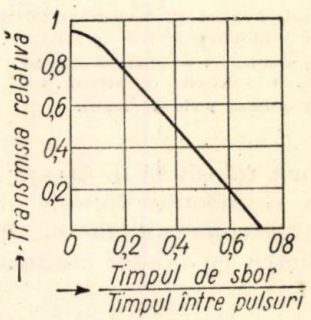


Fig. 14. Caracteristica de tăiere a selectorului lui Selove (identică cu a obturatorului) după [7].

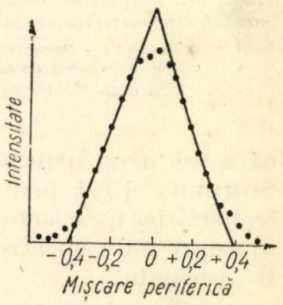


Fig. 15. Forma pulsului de neutroni la selectorul lui Selove [7] :
linie plină – teoretic; linie punctată – experimental.

5. Selectorul elicoidal

DASH şi SOMMERS [57] au avut ideea de a plasa oblic acest rotor faţă de direcţia fascicolului păstrînd totuşi paralelă direcţia generatoarelor cilindrului faţă de planul orizontal, dacă dreapta reprezentînd direcţia fascicolului

este paralelă cu planul orizontal. Această situaţie (fig. 16, *a*) este echivalentă cu cazul în care rotorul este aşezat cu generatoarele paralel cu fasciculul, iar canalele sînt oblice (fig. 16, *b*).

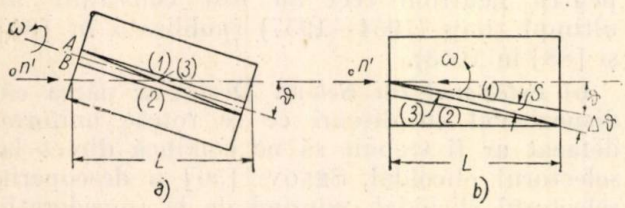


Fig. 16. Echivalenţa rotorului cu canale drepte aşezat oblic (*a*), cu rotorul cu canale oblice aşezat drept faţă de direcţia fascicolului de neutroni (*b*).

Deşi s-ar părea că dispozitivul cu discuri ce se rotesc defazat (fig. 12), ar fi trebuit să conducă direct la selectorul elicoidal, procesul evolutiv care a dus la selectorul elicoidal, are ca etape obturatorul lui Fermi (fig. 8), urmat de selectorul lui Selove (fig. 13) şi de dispozitivele succesive ale lui Dash şi Sommers (fig. 16, *a* şi 16, *b*).

Cinci ani după DASH şi SOMMERS, N. HOLT [67] a construit un dispozitiv combinat, constituit dintr-un selector elicoidal, de transparenţă mare (80%), dar de rezoluţie proastă, urmat de un spectrometru cu cristal, care îmbunătăţeşte rezoluţia (fig. 17). Remarcăm

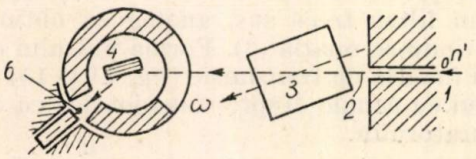


Fig. 17. Dispozitiv combinat pentru monocromatizarea neutronilor (selector elicoidal + monocromator cu cristal):
1 — colimator; *2* — fasciculul de neutroni; *3* — selectorul elicoidal
4 — cristal de clorură de sodiu; *5* — detector de neutroni; *6* — locul unde N. HOLT intercalează proba de studiat.

că acest dispozitiv a fost folosit şi de DASH şi SOMMERS [57] pentru a măsura funcţia de transmisie a selectorului construit de ei, cu ajutorul unui spectrometru cu cristal etalonat în prealabil.

Condiţia de funcţionare a unui selector elicoidal, revine fizic, la următoarele cerinţe:

— neutronii prea rapizi, care intră prin fanta *A* a canalului transparent la neutroni (v. fig. 16, *b*) sînt absorbiţi şi se pierd dacă izbesc peretele (*1*);
— neutronii lenţi care intră în canal, sînt ajunşi din urmă de peretele (*2*) şi izbiţi, fiind fie absorbiţi, fie împrăştiaţi de acesta.

De aici se vede că vor trece prin canal numai acei neutroni care au o astfel de viteză încît punctele traiectoriei lor coincid succesiv şi uniform în timp cu punctele canalului selectorului, adică matematic, trebuie ca timpul de trecere prin selector să satisfacă condiţia:

$$t = \frac{L}{v} = \frac{\vartheta}{\omega} \qquad v = \frac{L\,\omega}{\vartheta}. \tag{5}$$

6. Selectorul cu canal curb [3], [84]

Un alt monocromatizor de neutroni (adică un selector tip „filtru trece bandă") derivat de data aceasta direct din întreruptorul de neutroni al lui Fermi [14] (care are o caracteristică de tip „filtru trece sus") este şi selectorul cu canal curb construit de un grup de cercetători sovietici (fig. 18, *a* şi *b*).

Ca şi la selectorul elicoidal, monocromatizarea se datoreşte acţiunii combinate a pereţilor şi a curburii canalului; se vede că neutronii prea rapizi vor fi absorbiţi de peretele către care merg, întrucît ei înaintează mai repede decît se roteşte canalul, iar neutronii lenţi vor fi izbiţi de peretele posterior care-i ajunge din urmă.

Ecuaţia traiectoriei neutronilor într-un sistem de coordonate care se roteşte o dată cu discul, va da direct ecuaţia canalului. Adică, ecuaţiile:

$$\begin{cases} x = vt \\ y = b \end{cases} \tag{6}$$

trebuie trecute în sistemul mobil, cu ajutorul transformării:

$$\begin{cases} \xi = x\,\cos\vartheta - y\,\sin\vartheta \\ \eta = x\,\sin\vartheta + y\,\cos\vartheta \end{cases} \tag{7}$$

în care $\vartheta = \omega\, t$ este unghiul cu care selectorul se roteşte în timpul t.

Eliminînd între aceste relaţii timpul şi trecînd la coordonate polare în sistemul mobil, se găseşte pentru curbura canalului, ecuaţia[6]):

$$\rho^2\cos^2\psi = (r^2 - 2h^2)\,\cos\frac{2\omega}{v}\sqrt{r^2-h^2} - 2h\sqrt{r^2-h^2}\,\sin\,2\,\frac{\omega}{v}\sqrt{r^2-h^2} \tag{8}$$

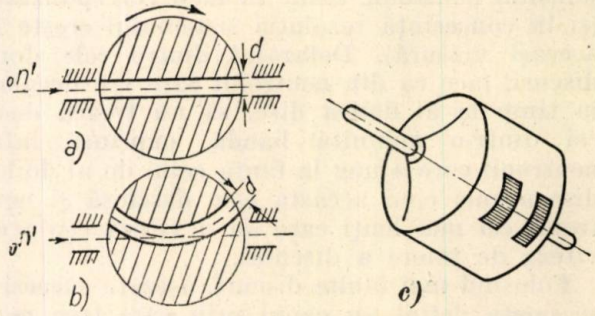


Fig. 18. Trecerea de la selectorul lui Fermi (*a*), la selectorul cu canal curb, construit de VLADIMIRSKI ş. a. (*b*), după [9]. Vedere exterioară a selectorului cu canal curb (*c*).

[6]) Calculele vor fi publicate în Studii şi cercetări de fizică nr. 1, 1959.

Pentru selectorul elicoidal, trecerea se face de la ecuaţiile :

$$\begin{cases} x = r \\ y = 0 \\ z = vt \end{cases} \tag{9}$$

prin aceeaşi transformare (7), la ecuaţiile :

$$\begin{cases} \xi = r \cos \vartheta \\ \lambda = r \sin \vartheta \\ \zeta = vt \end{cases} \tag{10}$$

care ne dau forma canalului şi reprezintă o elice, de unde şi numele selectorului.

7. Principii de funcţionare şi de proiectare a selectoarelor

Pe scurt, aceste principii sînt următoarele :

a) Pentru ca neutronii să poată străbate selectorul trebuie ca punctele canalului să

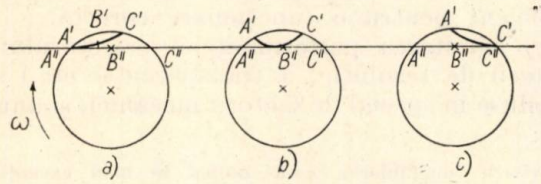


Fig. 19. Evoluţia în funcţionare a selectorului cu canal curb, în timpul transmisiei unui puls de neutroni :

în poziţia *1* neutronul se află în *A''* ; respectiv în *2* şi *3*, în *B''* şi *C''*. care coincid succesiv şi uniform în timp cu punctele *A'B'C'* ale canalului. (Dacă turaţia are sensul invers, canalul va avea şi el concavitatea în sens invers.)

coincidă succesiv şi uniform în timp cu punctele dreptei care reprezintă direcţia fasciculului ; pentru selectorul cu canal curb, acest lucru este ilustrat în fig. 19.

b) După cum canalul este înclinat sau nu faţă de direcţia fasciculului, funcţia de transmisie a selectorului va fi de tip „filtru trece bandă" sau „filtru trece sus" (obturator sau întreruptor de neutroni).

c) Puterea de rezoluţie a selectoarelor monocromatizate (de tip „filtru trece bandă"), va depinde de lărgimea şi de lungimea canalului respectiv, ca şi de înclinarea lui. Calculul acestei puteri de rezoluţie se face imediat. De exemplu, pentru selectorul elicoidal, traiectoria neutronilor celor mai rapizi este (1) (v. fig. 16, *b*) iar timpul de trecere, este :

$$t_r = \frac{L}{v_r} \doteq \frac{\vartheta}{\omega}. \tag{11}$$

Pentru neutronii lenţi, avem :

$$t_l = t_r + \Delta t = \frac{L - \Delta L}{v} = \frac{\vartheta + \Delta \vartheta}{\omega} \tag{11'}$$

de unde, obţinem puterea de rezoluţie în viteze, P_v :

$$P_v = \frac{\Delta v}{v} \cong \frac{\Delta \vartheta}{\vartheta} + \frac{\Delta L}{L}. \tag{12}$$

În acelaşi mod, se obţine pentru selectorul cu canal curb :

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta \vartheta}{\vartheta} + \frac{\Delta l}{l} \tag{12'}$$

în care Δl din al doilea termen, corespunde diferenţei de lungime între peretele inferior şi cel superior al canalului de trecere[6]).

d) Transparenţa selectoarelor se calculează ca un produs de probabilităţi, şi anume ca produsul probabilităţilor ca neutronul să intre în canal şi al probabilităţii ca să aibă viteza cuprinsă între limitele benzii de trecere a selectorului.

Fizic, prima probabilitate este egală cu raportul timpului în care selectorul este „deschis", faţă de timpul unei perioade ; dar timpul în care selectorul este deschis, este tocmai timpul Δt în care un punct de pe periferie se roteşte cu o lungime egală cu lărgimea S a canalului ; adică

$$\Delta t = \frac{S}{\omega R},$$

unde R este raza rotorului.

Dacă avem a canale, iar n este numărul de rotaţii pe minut, într-o secundă vom avea $\frac{a\,n}{60}$ pulsuri, adică fracţiunea de timp (dintr-o secundă), în care selectorul este „deschis", va fi :

$$\frac{t'}{1\ \mathrm{s}} = \frac{an}{60} \Delta t = \frac{an}{60} \frac{S}{\omega R} = \frac{aS}{2\pi R}. \tag{13}$$

Relaţia este valabilă pentru orice tip de selector. Atunci, transparenţa se va scrie :

$$T = f_T \cdot f_E = \frac{aS}{2\pi R} \frac{\int_{E_1}^{E_2} k(E) n(E)\, dE}{\int_0^{\infty} n(E)\, dE} \tag{14}$$

în care E_1 pînă la E_2 reprezintă banda de trecere în energie a selectorului, spectrul fiind presupus că se întinde de la zero la infinit ; f_E depinde de forma canalului, lărgimea fantei etc. $k\,(E)$ este o funcţie care ţine seama de o serie de efecte suplimentare, ca de exemplu de faptul că fantele nu se deschid instantaneu, ci gradat, în timp, etc.

În concluzie, transparenţa T reprezintă fracţiunea din numărul de neutroni incidenţi, pe care o regăsim la ieşire. (De exemplu : funcţia de transmisie f_T calculată de Dash şi Sommers [57] pentru selectorul elicoidal, se poate vedea în fig. 20).

e) La selectoarele de tip „trece bandă", produsul :

transparenţă × rezoluţie (≡ transparenţă : putere de rezoluţie)

$$T \times R \equiv T : P$$

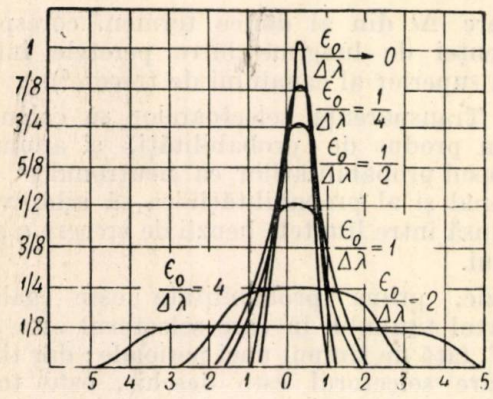


Fig. 20. Funcţia de transmisie calculată de DASH şi SOMMERS [5] pentru selectorul elicoidal.

$|\tau(\lambda)|_{\frac{\varepsilon_0}{\Delta\lambda}=\text{const.}} = f(x)$ în care $x = \lambda - \lambda_0$; λ – lungimea de undă asociată neutronului; λ_0 lungimea de undă selectată; $\varepsilon_0 = \frac{h\alpha_0}{m\omega R}$ α_0 fiind divergenţa fasciculului de neutroni.

nu depinde de lărgimea fantei S; într-adevăr,

$$T = k_1 S$$

$$R = \frac{k_2}{S}$$

şi produsul

$$TR = k_1 k_2 \qquad (15)$$

unde k_1 şi k_2 sînt constantele selectorului.

Pentru selectorul elicoidal :

$$T = \frac{aS}{2\pi R}; \quad P = S\frac{\cos^2\vartheta}{\vartheta}$$

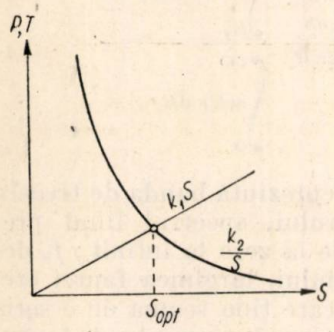


Fig. 21. Determinarea lărgimii optime a fantei.

şi, deci :

$$\frac{T}{P} = \frac{a}{2\pi R}\frac{\vartheta}{\cos^2\vartheta} \qquad (16)$$

Pentru selectorul cu canal curb :

$$\frac{T}{P} = \frac{a}{2}\frac{1}{\frac{h}{R} + \frac{1}{\eta}} \qquad (17)$$

în care h este înălţimea la care este situat canalul faţă de centru. [6])

Pentru a determina lărgimea optimă a fantei, se reprezintă cele două curbe în funcţie de S; abscisa intersecţiei lor va da lărgimea optimă a fantei (fig. 21).

f) Materialele din care se face rotorul se aleg în funcţie de opacitatea dorită („opacitatea rotorului" reprezintă raportul între numărul de neutroni care trece prin selector, N, faţă de cei incidenţi, N_0, cînd rotorul este „închis", pentru neutroni; mărimea opusă este „transparenţa", care reprezintă acelaşi raport, atunci cînd selectorul este „deschis"). Anume, trebuie ca :

$$\frac{N}{N_0} = e^{-(\Sigma_1 x_1 + \Sigma_2 x_2 + \ldots)} \leqslant 10^{-6},$$

ceea ce dă :

$$\Sigma_1 x_1 + \Sigma_2 x_2 + \cdots \geqslant 12{,}9$$

în care Σ_i sînt secţiunile eficace macroscopice, iar x_i – drumurile străbătute de neutroni în materialele i. Condiţia pusă, cere ca numărul de neutroni care străbat selectorul în poziţia „închis" să nu depăşească 1 la 10^6, ceea ce e suficient pentru o funcţionare corectă.

g) Limitarea performanţelor selectorului (a puterii de rezoluţie, a transparenţei etc.) sînt produse în special de factorii mecanici, şi anume de :

viteza unghiulară, care numai în mod excepţional depăşeşte 20 000 rot/min (uzual 10 000 rot/min);

rezistenţa mecanică a materialelor, care impune dimensiunile de gabarit şi forma rotorului.

Masa rotorului este la rîndul ei limitată de puterea motorului de antrenare care ne stă la dispoziţie. În plus, pentru turaţie se pun condiţii de stabilitate care ating 1/10 000, ceea ce este greu de asigurat.

În fine, puterea de rezoluţie ce se poate obţine, e limitată de puterea emisivă a sursei de neutroni; într-adevăr, noi putem selecta teoretic o bandă ori cît de îngustă de energie din spectru, dar dacă sursa de neutroni nu este suficient de intensă, numărul de neutroni care mai ajung la detector este atît de mic, încît nu mai poate fi deosebit de fondul cosmic; de aceea, la alegerea parametrilor, se ia precauţia ca fasciculul selectat să fie de cel puţin 10—20 fonduri cosmice.

8. Concluzii

În prezent, pentru determinarea cît mai exactă a secţiunilor eficace se impune folosirea selectoarelor de neutroni. În special, în domeniul energiilor de rezonanţă în care maximele sînt mai greu de separat unul de altul, trebuie folosite selectoare cu mare putere de rezoluţie.

Analiza diferitelor tipuri de selectoare a condus pe autor să propună următorul dispozitiv pentru monocromatizare, de un tip original, folosind metoda timpului de zbor (fig.22).

Un disc pe care sînt montate probele de cercetat se roteşte cu o viteză ω egală cu cea a unui obturator. Pulsurile de neutroni care vin decalate în timp, se resfiră pe parcursul bazei

de zbor, astfel încît cei mai rapizi neutroni ajung primii la disc şi lovesc (străbat) proba *A*, în care produc reacţii prin captură (absorbţie) dînd o activitate indusă pe foiţă.

După un interval de timp egal cu sute sau mii de μs ajung la disc neutronii ceva mai puţini rapizi, care străbat proba *B*, ş. a. m. d.

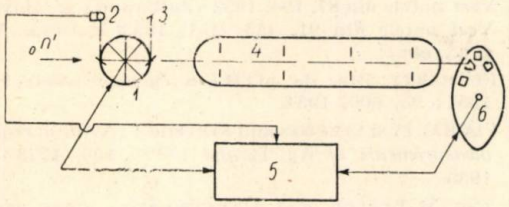


Fig. 22. Dispozitiv pentru monocromatizarea neutronilor cu ajutorul unui obturator, folosind metoda timpului de zbor. Cu acest dispozitiv se pot face măsurători de secţiuni eficace prin absorbţie:

1 – obturator; *2* – fotocelulă; *3* – sursă de lumină; *4* – tub cu heliu rarefiat; *5* – dispozitiv de acţionare şi sincronizare; *6* – discul cu probe.

Dispozitivul ar lucra ca un monocromator putînd permite (în cazul unor fascicole de neutroni bine colimate), atingerea unor puteri de rezoluţie în viteză de ordinul 1/2 000, adică poate separa pe două probe deosebite neutronii de viteze 2 000 şi 2 001 m/s.

Apariţia diferitelor tipuri de selectoare nu a fost întîmplătoare. Astfel, primul selector cilindric, (al lui Selove) care avea să dea naştere mai tîrziu monocromatorului construit de Dash şi Sommers, a apărut ca un obturator mult alungit în direcţia fasciculului de neutroni. Acest rotor a fost apoi aşezat oblic faţă de direcţia fasciculului de neutroni, devenind astfel un monocromator de neutroni. În sfîrşit, canalele au fost aşezate oblic, iar axul cilindrului a fost aşezat paralel cu fasciculul de neutroni, selectorul devenind selectorul elicoidal, în forma lui actuală.

Ultimul dispozitiv prezentat nu este decît o perfecţionare a metodei timpului de zbor, permiţînd iradierea probelor cu neutroni monoenergetici, spre deosebire de metoda clasică, în care proba era iradiată cu neutroni de toate energiile. Expunerea amănunţită a dispozitivului, ca şi a avantajelor, care le posedă un astfel de dispozitiv, vor forma obiectul unei alte lucrări.

Evident, evoluţia selectoarelor de neutroni este încă departe de sfîrşit; dispozitive din ce în ce mai complicate, folosind simultan mai multe rotoare, turaţii de 40 000 rot/min, fante de ordinul fracţiunilor de mm, iată numai cîteva din performanţele atinse de selectoare. La noi în ţară, funcţionează deja un selector de tip „obturator" (folosind metoda timpului de zbor), construit la Institutul de fizică atomică de către cercetătorii Toţea H. Timiş P. şi Lazarovici C, din colectivul condus de conf. Nachman M.

Pentru încheiere, se mai poate adăuga că selectoarele de neutroni s-au „specializat", lucrîndu-se astăzi cu „selectoare pentru neutroni rapizi" [60], [61–62], [88], etc. (energii de ordinul MeV), la care se foloseşte tehnica coincidenţelor ultra rapide, în mμs (10^9 s), sau cu „selectoare pentru neutroni reci" [10], [88] etc.; în ultimii doi ani, pentru selectarea neutronilor reci, s-a folosit sistemul cu mai multe discuri de către Larson [85] (v. pct. 4) care oferă avantajul eliminării din spectru a „armonicelor" date de un spectrometru cu cristal, adică a neutronilor care au viteza egală cu un multiplu întreg al vitezei de trecere prin selector, şi care (analog cu ceea ce se întîmplă în optică), dau efecte parazite de ordinul I, de ordinul II etc.

BIBLIOGRAFIE*)

I. În *„Materiali Mejdunarodnaia Konferenţia po mirnomu ispolzovaniiu atomnoi energhii"* Geneva 1955, vol. IV. Editată de ONU, Ediţia rusă, Moscova 1956:

[1] Hughes D.: *Neutron Velocity Selectors Used at Reactors"*, P/576, SUA, p. 9–18.

[2] Mostovoi V. I., Penzer M. şi Ţitovici A. P.: *„Mehaniceskii selektor neitronov"*, P/640 URSS, p. 19–30.

[3] Vladimirskii V. V., Radkevici I. A. şi Sokolovskii V. V. *„Neitronti spektrometr mehaniceskim prerîvatelem"*, P/641, U. R. S. S. p. 31–45.

[4] Wiblin E. R. *„Neutron Spectrometer based on Pulsed Sources"*, P/421, Anglia, p. 46–52.

[5] Cranberg L.: *„Time of Flight Techniques Applied to Fast Neutron Measurements"*, P/577, SUA, p. 53–60.

[6] Higinbotham W. A.: *„Time of Flight Instrumentation for neutron spectrimeters"*, P/806, SUA, p. 68–78.

[7] Egelstaff A. P. *A review at Pile Neutron Spectrometer Work at Harwell"*, P/767, Anglia, p. 89–93.

[8] Havens W. W.: *„Pulsed Accelerator slow neutron velocity spectrometers"*, P/574, SUA, p. 94–108.

[9] Thornton R. L., Boyer K. and Peterson J. M.: *„Cyclotrons designed for precision fast-neutron cross Section Measurements"*, P/584, SUA, p. 109–114.

În vol. V:

[10]. Jacrot B., Netter F. et Galula M.: *L'Appareillage de spéctrometrie à temps de vol pour neutrons lents à la pile de Saday.* P/357, France, p. 84–88.

II. În *„Phisical Review"* bibliografia începînd din 1941. Se indică volumul, pagina şi anul:

[11] Mawley J. H., Haworh L. J. and Luebke E. A.: *„The mean life of neutrons in water and the hydrogen capture cross section"*, 61, 152–155, 1942. De asemenea, 69, 405,1946.

[12] Baker C. P. and Bacher R. F.: *„Experiments with a slow neutron velocity spectrometer"*, 59, 332–348, 1941. De asemenea; 69, 443. 1946 (II).

[13] Anderson H., Fermi E. and Marshall L: *„Production at low energy neutrons by filtering through graphite"*, 70, 815–817, 1946.

[14] Fermi E., Marshall J. and Marshall L.: *„A thermal neutron velocity selector and its application to the measurements of the cross section of Boron"*, 72, 193–196, 1947.

[15] Fermi E. and Marshall L.: *„Interference phenomena of slow neutrons"*, 71, 666–677, 1947.

*) Bibliografia nu se referă numai la acest articol; ea constitue o trecere în revistă a majorităţii publicaţiilor de pînă acum în acest domeniu. Articolul prezentat alcătuieşte numai prima parte a unui studiu despre selectoare şi anume partea de selectoare mecanice, amănuntele de strictă specialitate fiind publicate în „Studii şi Cercetări de fizică". nr. 1, 1959. –

[16] BORST, ULRICH, OSBORNE and HASBROUK: „*Neutron Diffraction and nuclear resonance structure*", 70, 557, 1946 (Notă) De asemenea: 70, 108, 1946 (Notă).
[17] SAWYER, WOLLAN, PETERSON and BERNSTEIN: „*Application at a bent crystal neutron spectrometer to measurements of resonance absorbtion*", Nota C15, 70, 791(A), 1946.
[18] SAWYER, WOLLAN, BERNSTEIN and PETERSON: „*A bent crystal neutron spectrometer and its application to neutron cross section measurements*", 72, 109, 1947 (Notă).
[19] Pentru spectrometrele cu cristal, vezi notele de la Conferinţa din Chicago, 70, 102—106, 1946.
[20] ZINN W. H.: „*Diffraction of neutrons by a single crystal*", 71, 752—757, 1947. De asemenea: 70, 102, 1946.
[21] STURM W. J.: „*Measurement of neutron cross section with a crystal spectrometer*", 71, 757—776, 1947.
[22] SUTTON, DANIEL MC, ANDERSON and LAVATELLI: „*The capture cross section of boron for neutrons of energies from* 0.01 eV to 1000 eV". (Notă) 71, 272, 1947.
[23] BRILL T. and LICHTENBERGER H. V.: „*Neutron cross section studies with the rotating shutter mechanism*", 72, 585—590 1947.
[24] JONES W. B.: „*On the slow neutron absorbtion resonances in Iodine*", 72, 362—377, 1947.
[25] RAINWATER J. and HAVENS W. W.: „*Neutron beam spectrometer studies of borou, cadmium and the energy distribution from paraffin*", 70, 136—154, 1946.
[26] HAVENS W. W. and RAINWATER J.: „*The slow neutron cross section at In, gold, silver, antomony, lithium and mercury as measured with a neutron beam spectrometer*", 70, 154—173, 1946.
[27] RAINWATER J., HAVENS W. Wl, WU C. S. and DUNNING J. R.: „*Slow neutron velocity spectrometer studies*:
I Cd, Ag, Sb, Ir, Mn 71, 65—71, 1947
[28] II Au, In, Ta, W, Pt, Zr 71, 165—174, 1947 (Idem 27)
[29] III I, Os, Co, Tl, Cb. Ge 71, 174—181, 1947 (Idem 27)
[30] IV Au, Ag, Br, Fe, Co, Ni, Zn 83,1123—1133, 1951 (idem 27)
[31] V Re, Ta, Cr, Ru, Ga 92,703—74, 1953 (idem 27)
[32] H, D, F, Mg, S, Quartz 73, 733—742, 1948 (idem 27)
73, 963—970, 1948 (idem 27)
[33] GRIMM, RAINWATER J. and HAVENS W. W.: „*Slow neutron velocity spectrometer using the ne nevis synchrocyclotron*", 98, 1161, 1955.
[34] ED. MELKONIAN: „*A precise determination of the slow neutron cross section of the free proton*", 76, 1744—1750, 1949.
[35] MELKONIAN ED.: „*Slow neutron velocity spectrometer studies of* O_2, N_2, A, H_2, H_2O *and seven hydrocarbons*", 76, 1750—1759, 1949.
[36] BERNSTEIN, DIAL, STANFORD and STEPHENSON: „*Total cross section of small samples at* H_f, Er, Ni^{58} *and* Ni^{60} *from neutron crystal spectrometer measurements*", Notă, 75, 1302, 1949.
[37] SEIDL, F. G. P., HUGHES D. J., PALEVSKI H., LEVIN J. S., KETO W. Y. and SJÖSTRAND N. G.: „*Fast chopper time of flight measurement at neutron resonances*", 95, 476, 1954; Vezi şi notele:
82, 345, 1951.
89, 857, 1953.
90, 363, 1953.
91, 451, 1953.
[38] SELOVE W.: „*Resonance-region neutron spectrometer measurements on silver and tungsten*", 84, 869—876,1951.
[39] PAVLICKY and SMITH F. C.: „*Preliminary investigation at neutron total cross section with the Oak Ridge National Laboratory Fast Chopper*", Notă, 87, 221, 1952.
[40] SAILOR V. L., LANDON H. H. and FOOTE H. L.: „*Neutron resonance energy measurements with the Brookhaven Crystal Spectrometer*", Notă. 90, 913, 1953.
[41] ALLEN, STANFORD, STEPHENSON R. and BERNSTEIN: „*Slow neutron crystal spectrometer*", Notă, 85, 767, 1952.
[42] BORST L. B. and SAILOR V. L.: „*A crystal spectrometer for neutrons*", Notă, 85, 741, 1952.
[43] REYNOLDS: „*Inelastic thermal neutron scottering in lead*", 86, 594—595, 1952; de asemenea, vezi nota: 88, 1958, 1952.
[44] BROCKHOUSE B. N.: Nota 88, 542, 1952.
[45] BEGHIAN, ALLEN, CALVERT and HOLBAN: „*A fast neutron spectrometer*", 86, 1044, 1952.
[46] Vezi notele din 87, 194, 1952 (Zaffarano ş.a., Bay etc.).
[47] Vezi notele din 91, 450—451, 1953(Kato ş.a., Yeater ş. a., etc.);
[48] FLUHARTY, BOIS de „MTR *Fas tchopper*", Note, 95,609, 1954; 95, 600, 1954.
[49] FLUHARTY şi SIMPSON and SIMPSON: „*Neutron resonance measurements of* Ag, Ta *and* U^{238}", 103, 1778—1786, 1956.
[50] GOULD, TAYLOR and HAVENS: Nota „*The absortion cross section of gold for slow neutrons measured on simgle crystal spectrometer*", 100, 1248, 1955.
[51] GERARD O'NEIL: „*Time of flight measurements on the inelastic scattering of* 14,8 MeV *neutrons*", 95, 1235 — 12 1954.
[52] LAZAR und KLEMA: „*Decay of* Bi^{209}", 98, 710—718, 1955.

III. In The „*Review of Scientific Instruments*":

[53] WARREN KEUFFEL: „*A simplified chronotron-typ timing circuit*", vol. 20, nr. 3, p. 197—201, 1949.
[54] HOFSTADTER and Mc INTYRE: „*Note on the detection of coincidences and short time intervals*", 21—1, 52—53, 1950.
[55] MOODY, HOWELL, BATTELL and TALPIN: „*A comprehensive counting system for nuclear physics research*", vol. 22, pag. 439, 1951.
(De asemenea, vezi şi 22, 551, 1951).
[56] SELORE W.: „*A rotating — shutter time — of flight spectrometer for the slow-neutron resonance region*", 23—7, 350—363, 1952.
[57] J. G. DOSH and H. S. SOMMERS: *A high transmission slow neutron velocity selector*", 24—2, 91—96, 1953.
[58] BORST L. B. and SAILOR V. L.: „*Neutron measurements with the Brokhaven crystal spectrometer*",24—2,141—148, 1953.
[59] GATTI E.: *An eighty channel velocity selector for neutrons* 24—5, 345—348, 1953.
[60] NEILSON and JAMES: „*Time of flight spectrometer for fast neutrons*", 26—11, 1023, 1955.
[61] GRODRINS LEE: „*Coincidence Sorter for scintillation spectrometers*", 26—12, 1208—9, 1955.
[62] WEBER, JOHNSTONE and CRAUBERG: „*Time-to-Pulse Height Converter for Measurements of millimicrosecond time interval*", 27—3, 166—170, 1956.
[63] BACH, CHILDS, HOCKNEY, HOVGH and PARKINSON: „*Cyclotron instrumentation for nuclear spectroscopy at medium resolution in energy*", 27—7, 516—526, 1956.
[64] SCHUMAN R. W. and MAHON J. MC.: „*Argonne 256-channel Pulse-height analyser*", 27—9; 675—686, 1956
[65] SCHUMAN ROBERT, W,: „*1024-channel neutron time of hight analyser*", 27—9, 686—650, 1956.
[66] CAVANAGH and BOYCE: „*Magnetic Recorder for nuclear pulse*", 27—12, 1028—1033, 1956.
[67] HOLT N. *Hight transmition mechanical neutron Monochromator for filtering at hight order reflections*", 28.1, 1—8, 1957.
[68] CRANBERG, BEAUCHAMP and LEVIN: „*Measurements of fast neutron Total cross section*", 28—2, 89—92, 1957.
[69] GRISMORE and PARKINSON: „*Medium energy neutron, time of flight spectrometer*", 28—4, 245—253, 1957.
[70] CHASE and HIGINBOTHAM: „*Millimicrosecond time- to pulse hight converter using as r. f. Vernier*", 28—6, 448—461, 1957.
[71] YEATER and GAERTHNER: „*High resolution neutron velocity spectrometer with batatron source*", 28—7, 514—542, 1957.

[72] SCANLON, STAFFORD, THESLER and Bower: „*Neutron time of light spectrometer for use with the Harwell 110 inch cyclotron*", 28—10, 749—757, 1957.

[73] BENSTAD and ANDERSEN: „*Single crystal goniometer for X ray and nèutron diffraction*", 28—11, 916—918, 1957.

IV. Publicaţii în limba rusă:

[74] BOGDANOV G.F., VLASOV N. A., KALININ S. P., RÎBACOV B. V., SIDOROV V. A.: „*Spectrî neitronov pribomardirovke tritia i deiteria deitonam s energhiem* 14 MeV", JETF, vol. 30, p. 185, 1956.

[75] BOGDANOV G. F., KURAŞOV A. A., RÎBACOV B. V., ISIDORO V. A.: „*Izmerenie spectrov bîstrîh neitronov po vremeni proleta*", Atomnaia Energhia nr. 1, 1956, p. 66—68.

[76] MELNIKOV G. I., ARIEMENKOV L. I., GOLUBEV IU. M.: „*Mnogocanalnîi amplitudnîi analizator s reghistraţiei na potenţialoscope*", Priborî i tehnica experimenta, vol. 1 (1957) nr. 6, 57—67.

[77] ILINSCHI V. I., CERNIAEV V. BT: „*Ispolzovanie potenţialoscopa dlia mnogocanalnî amplitudno — vremennîh analizatorov*", Priborî i tehnica experimenta, 1—6, 67—70 1957.

[78] KONDRAŞEV L. F., KURAŞOV A. A., LINEV A. E., SIDOROV V. A., SOKOLOV I. I. i HALDIM N. N.: „*Spectrometr bîstr neitronov*", Priborî i tehnica experimenta, 2—1, 17—22, 1958.

[79] EGOROV IU. A: „*Scintiliţionîi spectrometrî bîstrî neitronov*" Priborî i tehnica experimenta, 2—3, 21—26, 1958.

[80] SENCENCOV A. P., CUZNEŢOV F. M., : „*Iznerenie spectra neitronov v teplovoi colone reactora atomnoi electrostanţii*", Atomnaia Energhia, 5/1958, 2, p. 124—125.

[81] KURAŞOV A. A., LINEV A. E., RIBAKOV B. V., SIDOROV V. A.: „*Mnogocanalnîi spectrometr bîstrîh neitronov po vremeni proleta*", Atomnaia Energhia 5/1958, 2, 135—139.

V. In alte publicaţii:

[82] Bulletin american physical Society, seria II, vol.1, 1956 pag. 69—70. Notele:
a) *Production of short burst of neutrons* (M. P. NAKADA ş. a.).
b) *Neutron filters* (F. T. GOULD ş. a.)
c) *Subthermal neutrons from a crystal spectrometer with a mecanical monochromator* (N. HOLT ş. a.)
d) *Millimicrosecond neutron spectrometry*, part. 1—5 (by E. C. SMITH ş. a.).

[83] MERRISON A. W. and WISLIN E. R.: „*TheHarwell time of light neutron spectrometer*", Nature, vol. 167, 1951, p. 346—347.

[84] MERRISON A. W. and WISLIN: „*The total cross section of cobalt silver, iodine, aluminium, nickel and gallium between* 1 eV *and* 5 keV", Proc. Roy. Society, A 215, 1952, 278—289.

[85] EGELSTAFF P. A.: „*The operation of a thermal neutron time of light spectrometer*", Journal Nucl. Energy, vol. 1, 1954 p. 57—67.

[86] SKARSGARD H. M. and KENNARD C. J. : „*Measurements of the energy dependence of the fission neutron yield per neutron absorbed in*^{239} Pu *and* ^{235} U *in the range* 0,006—0,36 eV", Journal Nucl. Energy, vol. 6, 1954, p. 212—222.

[87] LARSON K. E., STEDMAN R. and PALEVSKY H.: „*Slow-neutron spectrum measurements from the swedish heavy-watter reactor* R_1", Journal Nucl. Energy, vol. 6 1954, p. 222—232.

[88] TRIER P. E., HAMMERTON J. C. and WOLFENDALE E.: „*Un spectromètre à neutrons basè sur le principe du temps de transit*", Revue technique Philips, vol. 16, 1954, no. 4, p. 101—118.

[89] ENDT P. M. and PARIS C. R.: „*A new photographie method for neutron velocity spectrography* (II)", Physica, vol. 18, 1952 pag. 387—400.

[90] „Journal de physique et le radium", vol. 19, 1958, nr. 1
a) HUBERT P, JOLY R. et SIGNARBIEUX C.:, *Sélecteur mécanique pour éliminer la contamination due aux difractions d'ordre supérieur au spectrométres a crystal*, p. 79—81.
b) JACRET B. et GOBERT G.: „*Sélecteur mécanique de neutrons lents*", p. 82.
c) REMY E et WINTER K.: „*Un Sélecteur de temps de vol de neutrons rapides*", p. 96—97.
d) GUILLON H.: „*Récents progrés sur les sélecteurs en témps multicanaux*", p. p. 100—102.
e) JAÇROT B. et GOBERT G.: „*Sélecteur mécanique de neutrons lents*", Suppl. „Physique appliquée" no. 4, 1958, p. 47.

[91] JOHANSSON B.: „25 *channel time to pulse hieght converter for the m u* sec-*range and a simple time to pulse height converter*", Nuclear instruments, vol. 2, 1958, nr. 1, p. 61—68.

[92] „*Fast neutron chopper built for the Dutch Norvegian joint establishement for nuclear energy research*", Chr. Michelson Institute, Amsterdam.

[93] Nota relativă la selectorul de la Harwell în „Mejdunarodnaia Conferenţia po Mirno Ispolzovaniiu Atomnoi Energhii", Geneva, 1955, vol. 4, Şedinţa 15 A, p. 148 (ed. rusă), vezi şi (4)

[94] EGELSTAFT P.A., BAYTHER D.B. and NICHOLSON K. P.: „*The slow neutron resonance behaviour of plutonium izotopes*", Journal nucl. Energy, vol. 6, 1958, p. 303—321

[95] SHARPLESS T. K.: „*High-speed* N. —*Scale Counters*", Electronics, martie 1948, p. 123—251.

[96] Pentru „memorie magnetică", se pot cerceta publicaţiile: Proc. Inst. Radio Engrs, vol. 40, 1952, p. 475. Id. vol. 41, 1953, p. 1300—şi 1380 Id. vol. 41, 1953, p. 1400.

[97] HODGSON E. R., GALLAGHER J. F. and BOWEY E. M.: „*Neutron total cross section*", Proc. Phys. Soc. A 65, 1952, p. 992—995

[98] KANDIAH K.: „*Transaction of instrumentation and measurements conference*", Stockholm, 1952.

[99] Pentru stabilizarea turaţiei se poate consulta: HAMON H.: „*The stabilization of AC power supplies derived from rotating machinery*", în culegerea „Precision electrical measurements", comunicarea 12 Phylosophical Library, New York 1953.

[100] Pentru „ZETA" se poate consulta: KURCEATOV I: Atomnaia Energhia nr. 3/1956, p. 65; Discovery vol. 17, 1956, pag. 227. De asemenea: Discovery vol.15, 1958, p. 89; Electrical Energy vol. 2, 1958, pag. 36.

[101] DUNNING, PEGRAM, MITCHELL, FINK and SEGRE: „Physcal Review 48, 1935, pag. 704.

[102] HUGHES and HARVEY: „*Neutron cross section*", Rapport BNL-325, Brookhaven National Lab. Upton, New York, 1955 (U. S. Gouvernement Printing Office.

[103] VLADIMIRSKI V. V. i SOCOLEVSKI V. V.: „*Obzor pulsiruiuşcih istocinicov neitronov dlia neitronîh spectrometrov*", P/2041, Vtoraia Medjunarodnaia Conferenţia Organizaţii Obedinionîh Naţii po primeneniu atomnaia energhii v mirnîh ţeliah, Geneva, 1958.

[104] MOSTOVOI V. I. i drughie: „*Izmerenia spectra neitronov v uranvodnîh reşetcah*", Idem 103, P/2152.

Dispozitiv electronic pentru încercarea feritelor de memorie în impulsuri

CZ 621.318.122.001.4 : 621.395.625.3

Dispozitivele de memorizare au căpătat o largă utilizare în tehnica modernă. Ele nu sînt utilizate numai în maşinile electronice de calcul numeric sau alte instalaţii de automatizare complexă, ci reprezintă adesea subansamblul principal a numeroase aparate de măsură utilizate în fizica nucleară. (Analizorii de amplitudini cu mai multe canale, selectoare de neutroni etc.).

Unul dintre dispozitivele de memorizare, de altfel favorit în prezent, este acela ce utilizează ferite[1]) pentru înregistrarea informaţiilor binare, dispozitiv caracterizat prin mare siguranţă în funcţionare şi timp redus de acces.

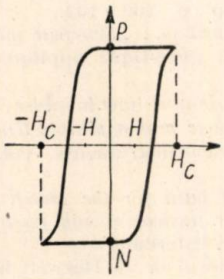


Fig. 1. Ciclul de hysterezis al unei ferite.

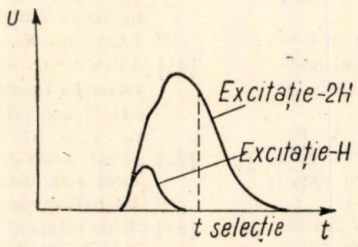


Fig. 2. Răspunsul unei ferite în care a fost înregistrat cu *1* la o excitaţie — H şi — $2H$.

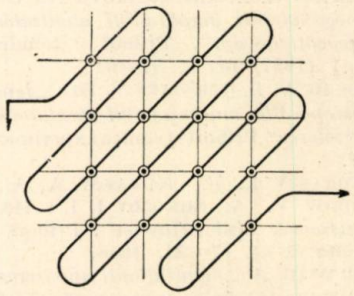


Fig. 3. Matrice de memorie cu ferite. Sensul bobinajului de citire e alternat din ferită în ferită

În acest dispozitiv, fiecare informaţie binară este înregistrată prin starea de magnetizare a unei ferite cu caracteristică rectangulară (fig. 1). Ferita poate să se găsească magnetizată la P sau N, neprezentînd, după convenţia aleasă, un *1* sau un *0* (informaţia binară).

Dacă prin inducţia remanentă, în P reprezentăm cifra *1* şi respectiv prin inducţia remanentă în N cifra *0*, este evident că selectarea feritei se face prin aplicarea a două cîmpuri de valoare — H (unde $H = H_c/2$).

Ferita basculează de la P la N şi la bornele bobinajului de ieşire se obţine un puls de tensiune corespunzător relaţiei clasice

$$U = -n\frac{d\varphi}{dt} \qquad \varphi = BS.$$

Se observă că aplicarea unui cîmp mai mic decît H_c ce ar tinde să schimbe starea de magnetizare a feritei nu poate produce saltul de la P la N (sau vice versa) şi în acest caz, variaţia fluxului este mică, reducîndu-se la ciclul minor descris în jurul punctului iniţial de magnetizare. Un cîmp de valoare mai mare decît H_c, produce însă schimbarea totală a stării de magnetizare a feritei, însoţit fiind şi de o mare variaţie de flux magnetic.

Fenomenele prezentate succint mai sus sînt esenţiale în funcţionarea unui dispozitiv de memorizare cu ferite.

În dispozitivele ce utilizează principiul de selecţie prin coincidenţa a doi curenţi, fiecare ferită are trei bobinaje. Două bobinaje servesc pentru selectarea feritei, iar cel de al treilea pentru citirea informaţiei înregistrate în respectivul element. Prin fiecare din bobinajele de selecţie pot fi trimise impulsuri de curent ce produc respectiv cîmpuri de intensitate mai mică decît H_c, astfel încît bascularea feritei nu poate fi obţinută decît prin excitarea simultană a două bobinaje.

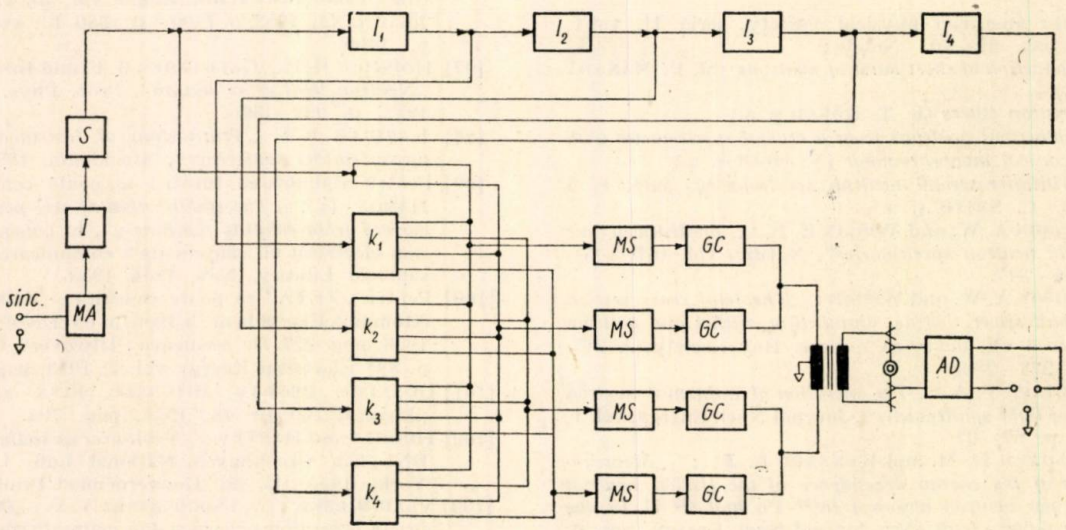


Fig. 4. Schema bloc a aparatului:
MA — multivibrator astabil; *S* — standardizor; *MS* — multivibrator monostabil; *AD* — Amplificator diferenţial; *I* — întîrziere; *K* — comutator; *GC* — generator de curent.

[1]) Denumirea aceasta este atribuită unui tor din respectivul material, ce prezintă o caracteristică de magnetizare rectangulară.

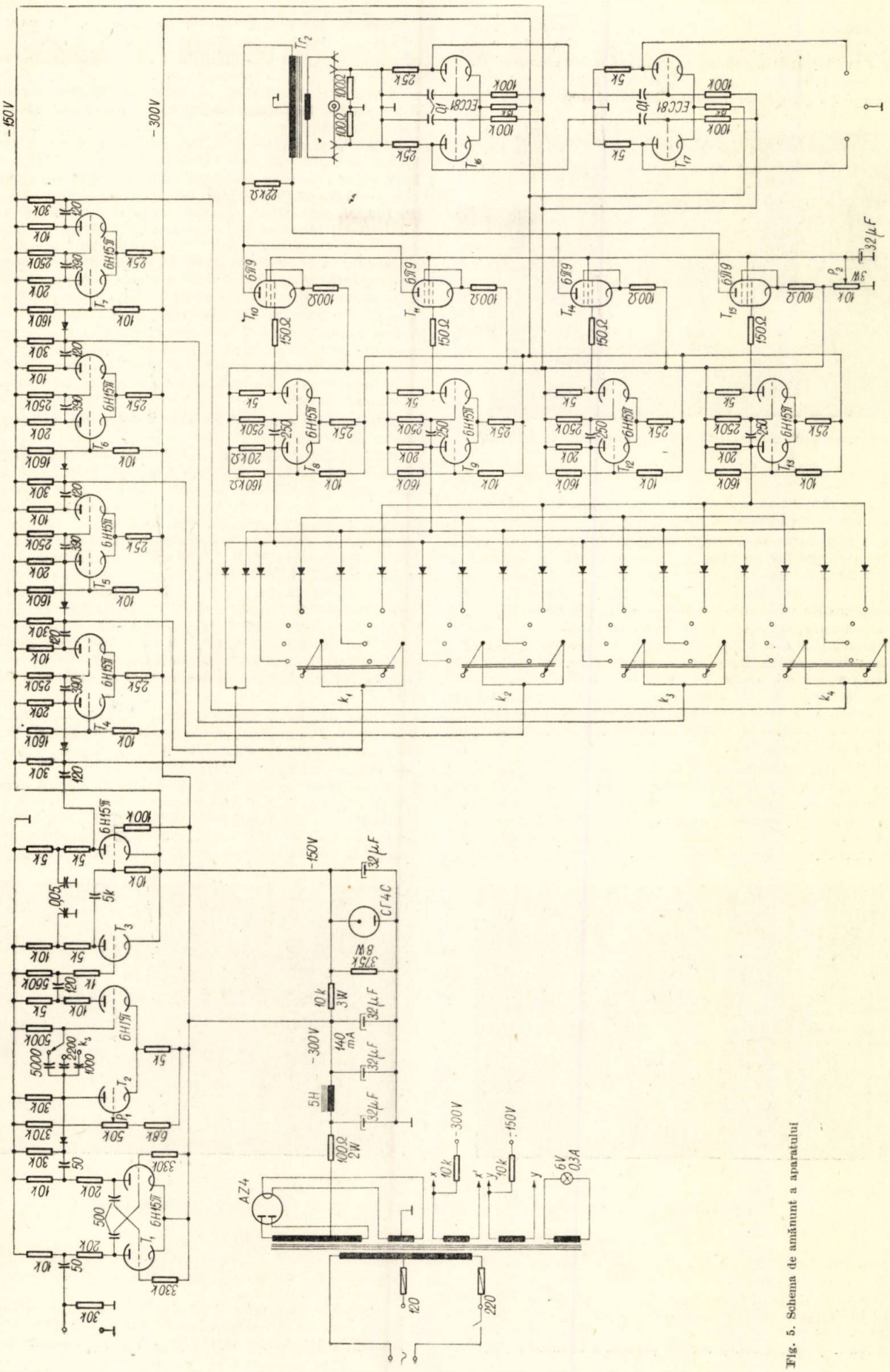


Fig. 5. Schema de amănunt a aparatului

Este evident că prin citirea informaţiei, aceasta a fost ştearsă. Dacă este necesar să fie păstrată, informaţia este refăcută mai tîrziu prin aplicarea simultană a două cîmpuri H.

Dacă respectiva ferită este excitată numai cu un cîmp de valoarea — H, pulsul de tensiune obţinut la bornele bobi-

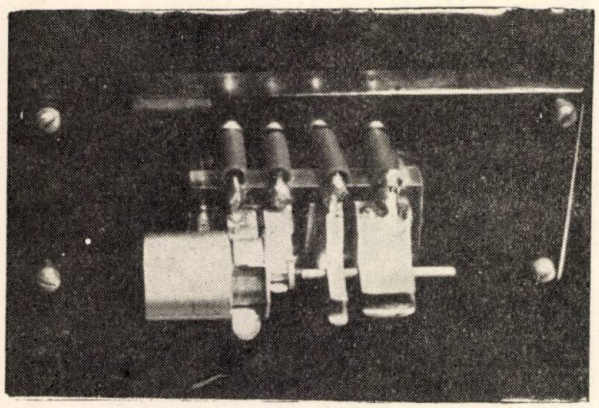


Fig. 6. Contactorul în care este introdus scurtcircuitului cu ferită de încercat.

najului de citire este mai mic şi mai îngust, corespunzînd ciclului minor de hysterezis descris (fig.2).

Într-o matrice de memorie, bobinajele de selecţie amintite sînt înseriate pe fiecare linie şi respectiv pe fiecare coloană, obişnuit fiind formate dintr-o singură spiră per ferită. Bobinajele de citire sînt înseriate pe toate feritele matricei, fiind de asemenea, formate dintr-o singură spiră per ferită (fig. 3). Selectarea unei ferite (adică a unei adrese) se face prin excitarea simultană a liniei şi coloanei la intersecţia căreia se află respectiva ferită. În aceste condiţii apare evident că la excitarea simultană a unei linii şi a unei coloane, tensiunea culeasă de bobinajul de citire conţine în afara semnalului dorit, furnizat de ferita aflată la intersecţia axelor excitate, şi semnalele produse de celelalte ferite semiexcitate de pe linia şi coloana selectată.

Acestea sînt condiţiile reale de lucru. Pentru a se reduce la minimum influenţa semnalelor parazite, bobinajul de citire e alternat din ferită în ferită pe fiecare linie şi coloană. Acest lucru ar constitui o soluţie perfectă dacă impulsurile furnizate de fiecare ferită supusă unei semiexcitări ($-H$) ar fi identice, indiferent de excitaţiile anterioare la care ea a fost supusă. Practic, acest lucru însă nu se întîmplă şi compensarea nu este completă.

Reducerea influenţei impulsurilor parazite este înfăptuită mai departe prin analiza semnalului cules la ieşire într-un anume moment al timpului, moment în care raportul dintre valoarea impulsului util şi a celui parazit este maxim (fig. 2).

Deoarece valoarea curenţilor de excitaţie, a timpului de selecţie cît şi nivelul de discriminare al semnalului la ieşire este acelaşi pentru toate feritele dintr-o memorie, se vede că trebuie asigurată o mare uniformitate a caracteristicilor acestora. Calitatea întregului dispozitiv de memorizare este determinată, în ultimă instanţă, de ferita cea mai puţin corespunzătoare.

Dispozitivul electronic realizat permite studierea răspunsului feritelor în însăşi condiţiile de lucru reale dintr-un dispozitiv de memorizare. Montajul asigură posibilitatea aplicării unei secvenţe de pînă la cinci impulsuri de excitaţie de valori P, $P/2$, N, $N/2$ într-o ordine oarecare, vizualitatea răspunsului feritei făcîndu-se pe ecranul unui sincroscop. Valoarea curentului de excitaţie poate fi variată după dorinţă. În caz de nevoie se poate mări numărul impulsurilor de excitaţie, practic fără dificultăţi. De asemenea, sincroscopul poate fi înlocuit cu un sistem automat de comparaţie ce va furniza un semnal de acceptare sau de respingere a feritei încercate.

Încercarea feritei se face foarte simplu fără a cere operaţii preliminare (bobinarea anterioară este exclusă). Ferita este introdusă pe o vergea metalică ce este apoi conectată la bornele de excitaţie. Pe ecranul sincroscopului se vizualizează răspunsul feritei.

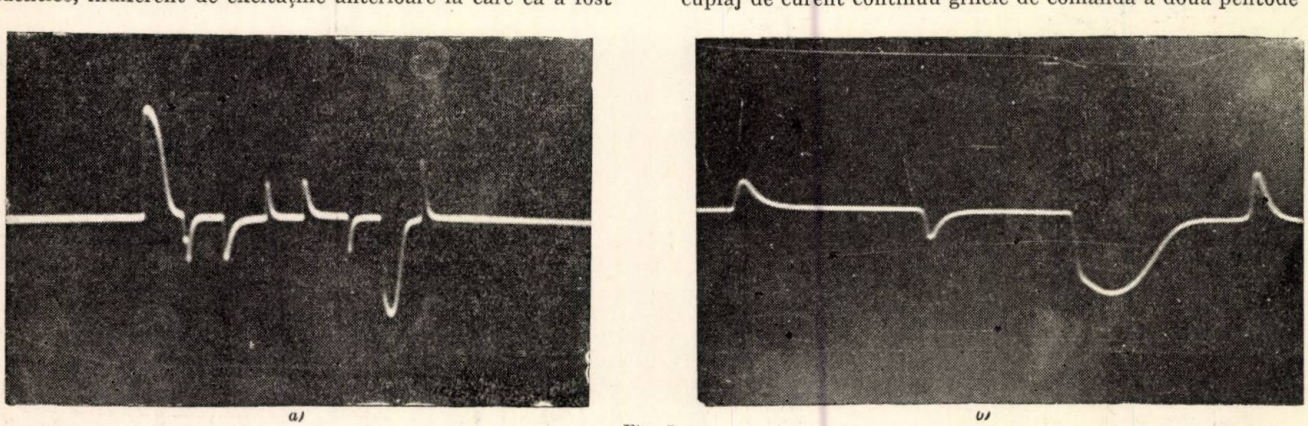
Schema bloc a aparatului este dată în fig. 4, iar cea de amănunt în fig. 5.

Un generator de impulsuri format din multivibratorul astabil MA (T_1), întîrzierea (T_2) şi standardizorul S (T_3) furnizează impulsuri de comandă negative cu o frecvenţă de repetiţie de circa 1 kHz. Întîrzierea I permite realizarea unui decalaj în timp convenabil între declanşarea sincroscopului şi începutul trenului de impulsuri de magnetizare, astfel încît prin manipularea ei, accesibilă de pe panoul frontal prin intermediul lui P_1 şi K_5, se poate examina pe rînd răspunsul feritei la fiecare puls de excitaţie (evident la o durată corespunzătoare a baleiajului sincroscopului).

Ieşirea generatorului de impulsuri atacă un lanţ de 4 întîrzieri I_1 (T_4), I_2 (T_5), I_3 (T_6), I_4 (T_7), obţinîndu-se astfel o secvenţă de 5 impulsuri de comandă, egal distanţate între ele. Intervalul de timp dintre aceste impulsuri este de circa 25 μs.

Primul impuls al acestei secvenţe declanşează întotdeauna o excitaţie P. Celorlalte patru comenzi li se pot atribui, prin intermediul comutatorilor respectivi K_1, K_2, K_3 K_4, excitaţii de valoare O, $P/2$, P, $N/2$, N.

Blocul P ce furnizează impulsurile de magnetizare $P/2$, $P(T_8, T_9, T_{10}, T_{11})$ de altfel identic cu cel ce furnizează impulsurile de magnetizare $N/2$, $N(T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15})$ este format din 2 monostabili MS (T_8, T_9), a căror ieşire atacă printr-un cuplaj de curent continuu grilele de comandă a două pentode



a) b)

Fig. 7.

a) răspunsul unei ferite la o secvenţă $P\ \frac{N}{2}\ \frac{P}{2}\ N$; *b*) ultimele două pulsuri din frecvenţa la altă scară a timpului.

finale GC (T_{10}, T_{11}), generatori de curent constant. Impulsurile furnizate de cei doi monostabili sînt egale ca durată (circa 12 μs).

Pentodele sînt normal tăiate. Pentru stabilizarea curenţilor în impuls a fost introdusă o reacţie negativă de curent. Anodele celor două pentode (T_{10}, T_{11}) fiind legate în paralel

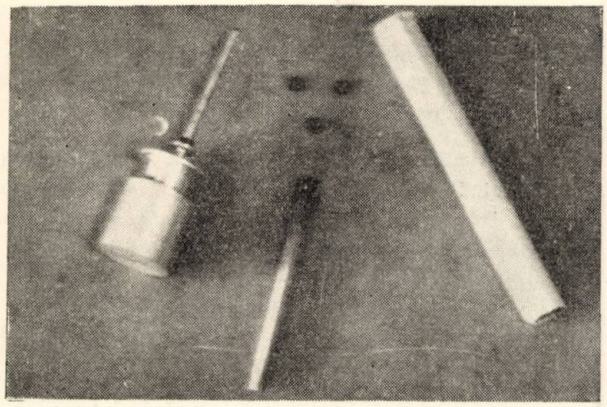


Fig. 8. Ferite de memorie şi scurtcircuitul pe care sînt introduse pentru încercare. Pentru comparaţie au fost fotografiate alături de un băţ de chibrit.

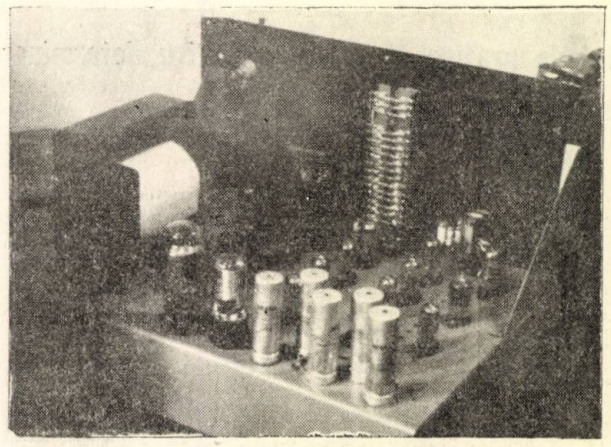


Fig. 9. Aparatul văzut din spatele panoului frontal.

pe primarul transformatorului de ieşire, rezultă că după cum vor fi atacaţi ambii monostabili sau numai unul singur, amplitudinea impulsului de curent prin primarul transformatorului va fi impulsul standard sau jumătate din valoarea lui. Amplitudinea impulsului standard este controlată prin intermediul tensiunii de ecran a pentodelor finale (potenţiometrul P_2) situat pe panoul frontal.

Transformatorul de curent Tr_2 are următoarele date: miez trafoperm N_2 — 102, primar 2 × 100 spire, secundar 5 spire întrefier 0,1 mm. Secundarul transformatorului este conectat la bornele de excitaţie. Realizarea practică a contactorului în care este introdus scurt circuitul cu ferita de încercat poate fi văzută în fig. 6. Bornele extreme sînt cele de excitaţie, cele centrale fiind intrarea în amplificatorul diferenţial AD (T_{16}, T_{17}). Semnalul cules de acesta din urmă, de ordinul zecilor de milivolţi, este amplificat pînă la nivelul volţilor şi furnizat diferenţial la ieşire pe panoul frontal printr-un cuplaj de curent continuu.

Dispozitivul este utilizat din primele luni ale anului 1958 în cadrul Institutului de Fizică atomică pentru încercarea feritelor de memorie în regim de impulsuri.

În fig. 7, *a* se poate vedea răspunsul unei ferite la o secvenţă P, $N/2$, $P/2$, N., iar în fig. 7, *b*, ultimele două pulsuri din această secvenţă la altă scară a timpului.

Dimensiunile feritelor de memorie pot fi apreciate în fig. 8. Fig. 9 reprezintă o vedere a aparatului, luată din spatele panoului frontal.

Ing. A. SEGAL

BIBLIOGRAFIE

[1] RAJCHMAN J. A.: *Static magnetic matrix memory and switching circuits.* R. C. A. Review, vol. XIII (1952), p. 183—201.
[2] RAJCHMAN, J. A.: *A myriatic magnetic core matrix memory.* Proc. Inst. Radio Engr. vol. 4 (1953) nr. 10, p. 1407.

CRONICA

Congresul federaţiei internaţionale de automatică

Moscova 1960

CZ 621-52

I. F. A. C. a luat iniţiativa organizării unui Congres internaţional de automatică care va avea loc la Moscova în iunie 1960. Comunicările destinate acestui congres sînt prezentate de oamenii de ştiinţă şi inginerii din diferite ţări prin organizaţiile afiliate acestei federaţii, în cazul nostru prin Comisia de automatizări a Academiei R. P. R.

S-a decis ca congresul să cuprindă trei domenii importante şi anume:

cercetări teoretice şi experimentale în domeniul controlului automat şi al servomecanismelor;

Instrumente şi cercetări legate de dezvoltarea sistemelor automate;

aplicaţii industriale ale sistemelor automate cuprinzînd şi întrebuinţarea maşinilor de calcul.

În conformitate cu domeniile descrise mai sus, programul ştiinţific al congresului este următorul:

În prima secţiune se vor cuprinde problemele teoretice din domeniul cercetării şi proiectării sistemelor automate, precum şi metodele pentru rezolvarea acestor probleme. Se vor cuprinde şi studii asupra unor probleme fizice care au importanţă ştiinţifică şi practică în proiectarea sistemelor automate.

În secţiunea a două referatele prezentate vor avea ca subiect componentele sistemelor automate atît din punct de vedere al teoriei lor cît şi al proiectării.

În secţiunea a treia comunicările se vor referi la metodele teoretice şi experimentale pentru analiza caracteristicelor statice şi dinamice ale sistemelor automate, precum şi reglarea automată a proceselor industriale. În această secţiune se vor cuprinde de asemenea studii asupra productivităţi şi eficienţei economice a instalaţiilor automate.

Din punct de vedere ştiinţific referatele vor putea să cuprindă subiecte din următoarele domenii: sisteme de reglare continue, sisteme de reglare discontinue, sisteme de reglare prin testare, sisteme automate cu maşini de calcul, sisteme de reglare după program.

Din tematica pentru secţia treia, adică a aplicaţiilor în industrie, extragem următoarele domenii: maşini electrice, procese chimice, schimbătoare de căldură, procese metalurgice cu topire, procese electrometalurgice, linii automate, automatizări în mină, automatizări în transport, automatizări în aparatele de zbor şi plutire automatizarea proceselor cuprinzînd prelucrarea mecanică a materialelor, automatizări în extracţia de petrol, gaz şi apă, automatizări în transportul pe conducte şi automatizări ale proceselor în legătură cu alimentarea.

Comisia de automatizare trebuie să comunice Secretariatului IFAC pînă la 15 februarie 1959 numărul aproximativ de referate care vor fi prezentate din ţara noastră împărţite pe cele trei subdiviziuni principale ale congresului. Pentru aceasta este necesar ca toţi cei care doresc să prezinte referate pentru acest congres să comunice Comisiei de automatizare titlul referatului precum şi un rezumat al referatului de aproximativ o pagină, bătută la maşină.

Congresul va avea loc între 25 iunie — 5 iulie 1960 în Moscova.

Doritorii pot obţine informaţii mai amănunţite asupra acestui congres la Comisia de automatizare a Academiei R.P.R.

Ing. I. PAPADACHE

NOTE ŞI COMENTARII

Metode grafice şi analitice pentru determinarea tensiunii inverse de vîrf la redresorii polifazaţi cu m faze

CZ 621.314.6.025.4

În construcţia redresoarelor polifazaţe se folosesc tuburi ionice care au avantajul unui randament ridicat.

Folosirea tuburilor ionice este însă limitată de faptul că acestea nu suportă tensiuni inverse şi curenţi mai mari decît anumite valori prevăzute în cataloagele de tuburi.

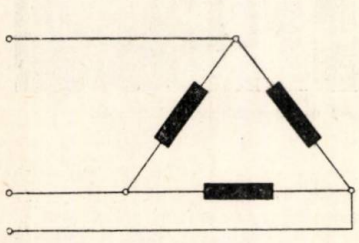
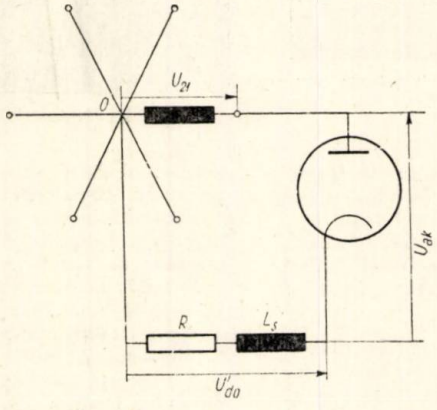


Fig. 1. Schema redresorului hexafazat.



Depăşirea tensiunii inverse maxime admise de tub produce străpungerea spaţiului anod-catod şi distrugerea tubului.

La proiectarea redresoarelor este necesar să se ţină seama ca tensiunea inversă de vîrf a montajului să fie mai mică decît tensiunea inversă maximă a tubului folosit.

Pentru verificarea acestei condiţii ce urmează a fi impusă redresorului, este necesar a se cunoaşte tensiunea inversă de vîrf a montajelor de redresare.

La montajele mai răspîndite această problemă se rezolvă grafic şi în manuale se dau formule pentru calculul valorii tensiunii inverse de vîrf în funcţie de tensiunea medie redresată.

În cele ce urmează se va prezenta determinarea grafică a tensiunii inverse de vîrf, în funcţie de tensiunea secundarului transformatorului anodic, la cele mai folosite montaje de redresare şi se va expune o metodă analitică simplă pentru determinarea tensiunii inverse de vîrf la montajele cu secundarul în stea, m faze şi m tuburi.

A. Determinarea grafică a tensiunii inverse la redresoarele cu secundarul în stea, m faze şi m tuburi

În fig. 1 s-a reprezentat faza *1* a secundarului transformatorului unui redresor polifazat cu şase faze, şase tuburi şi secundarul în stea, tubul ionic respectiv şi sensurile pozitive convenţionale ale tensiunilor.

Din echilibrul tensiunilor se deduce :

$$u_{ak} = u_{2i} - u'_{do} \qquad (1)$$

Folosind această relaţie, tensiunea inversă la bornele tubului *1*, u_{ak} se determină grafic, punct cu punct, scăzînd tensiunea redresată u'_{do} din tensiunea u_{2i}, a fazei *1* din secundarul transformatorului.

În fig. 2 şi fig. 3 s-a făcut această operaţie pentru redresoarele trifazate şi hexafazate.

Examinînd forma tensiunii inverse la redresorul trifazat se observă că aceasta are două maxime egale la $\omega t = 240°$ şi 300°, cînd u'_{do} este determinată de sinusoidele de ordinul 2 şi 3.

Tensiunea de vîrf corespunzătoare este :

$$u_{akm} = 2U_{2m} \sin 60° = \sqrt{6}\, U_2. \qquad (2)$$

Examinînd forma tensiunii inverse la redresorul hexafazat se deduce că aceasta are un maxim la $\omega t = 270°$ cînd U'_{do} este determinat de sinusoida de ordinul 4.

Tensiunea de vîrf corespunzătoare este :

$$U_{akm} = 2U_{2m} = 2\sqrt{2}\, U_2. \qquad (3)$$

B. Determinarea grafică a tensiunii inverse în montaje speciale

a) *Montajul Larionov în punte fără fir neutru.* În fig. 4 s-a reprezentat schema redresorului şi diagrama vectorială a tensiunilor transformatorului.

În fig. 5 s-au reprezentat tensiunile din secundarul transformatorului, tensiunea redresată la mersul în gol u'_{do} perioadele de conducţie a diferitelor tuburi şi tensiunea inversă, la bornele tubului *1*, u_{ak}.

Determinarea formei tensiunii inverse se face ţinînd seama că :

în intervalul *I* conduce tubul *1*, deci $u_{ak} \cong 0$;

în intervalul *II* conduce tubul *2*, potenţialul catodului comun tuburilor *1*, *2*, *3* este aproape egal cu al punctului *b* (fig. 4) şi $u_{ak} \cong u_{ab}$;

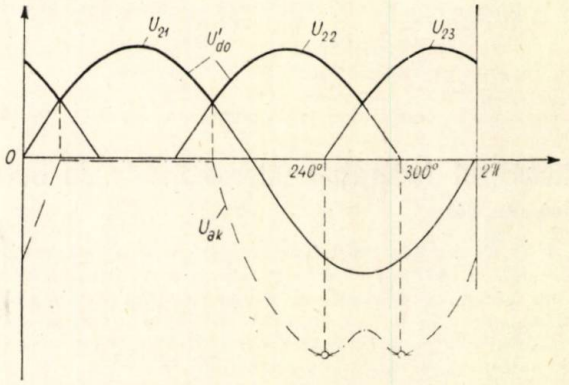


Fig. 2. Forma tensiunii inverse la redresorul trifazat.

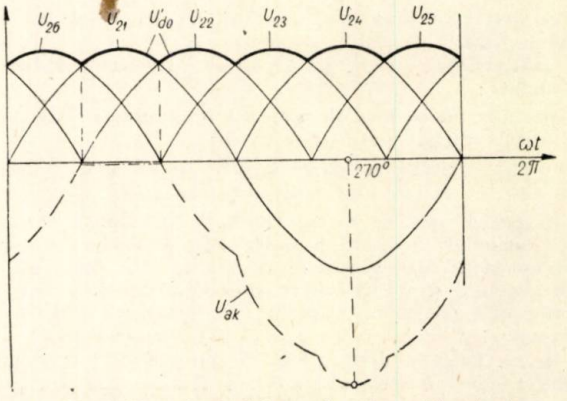


Fig. 3. Forma tensiunii inverse la redresorul hexafazat.

în intervalul *III* conduce tubul *3*, potenţialul catodului comun tuburilor *1*, *2*, *3* este aproape egal cu al punctului *c* din schemă şi $u_{ak} \cong -u_{ca} \cong u_{ac}$.

Dacă se ia ca origină de fază punctul zero al tensiunii u_{ab}, se observă că tensiunea inversă are două maxime egale la $\omega t = 270°$ şi $330°$.

Dacă se ia ca origină punctul O al tensiunii pe fază, cele două maxime corespund la $\omega t = 240°$ şi $300°$.

Tensiunea inversă de vîrf este:

$$u_{akm} = u_{ab\,max} = \sqrt{3}\, u_{2m} = \sqrt{6}\, U_2. \qquad (4)$$

Din cele arătate reiese că din punct de vedere al tensiunii inverse, acest montaj este identic cu un redresor trifazic cu secundarul în stea şi care are aceeaşi tensiune u_2 în secundar.

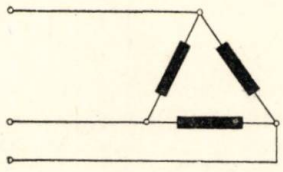
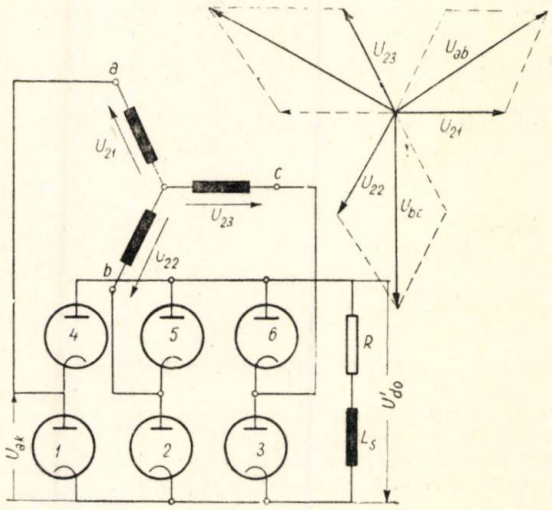


Fig. 4. Schema redresorului Larionov.



b) *Montajul dublu stea cu transformator interfază.* În fig. 6 s-a reprezentat schema redresorului şi sensurile pozitive convenţionale ale tensiunilor.

Pentru determinarea tensiunii inverse a tubului *1* este necesar să se ţină seama şi de tensiunea $u_{00'}$, pe o jumătate din transformatorul interfază.

Echilibrul tensiunilor din circuitul tubului *1* ne dă:

$$u_{ak} = u_{2i} - u'_{do} - u_{oo'}.$$

Dar

$$u'_{do} = u'_{do}(O') - u_{oo'}.$$

Înlocuind valoarea u'_{do} în expresia tensiunii u_{ak} obţinem:

$$u_{ak} = u_{2i} - u'_{do}(O')$$

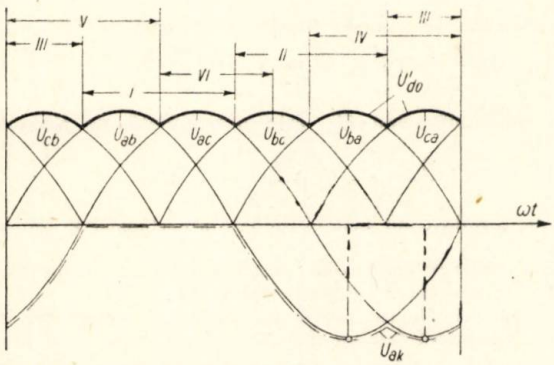


Fig. 5. Forma tensiunii inverse la redresorul Larionov.

în care $u'_{do}(O')$ este tensiunea redresată corespunzătoare stelei O' a transformatorului.

Relaţia (5) conduce la concluzia că din punct de vedere al tensiunii inverse acest montaj este de asemenea identic cu un redresor trifazic cu secundarul în stea şi cu aceeaşi tensiune secundară.

C. Determinarea analitică a tensiunii inverse la redresoarele cu m faze şi m tuburi

Curba tensiunii redresate u'_{do}, se compune dintr-o serie de vîrfuri de sinusoidă. Se va analiza variaţia tensiunii inverse pentru diferite regiuni ale tensiunii redresate corespunzătoare acestor vîrfuri de sinusoidă.

Examinînd fig. 3 corespunzătoare unui redresor hexafazat se poate deduce simplu că sinusoida de ordinul n are expresia:

$$U_{2n} = \sqrt{2}\, U_2 \sin\left(\omega t - \frac{2\,(n-1)}{m}\pi\right).$$

Ţinînd seamă că $u'_{do} = u_{2n}$, în intervalul respectiv, relaţia (1) de definire a tensiunii inverse devine:

$$u_{ak} = \sqrt{2}\, U_2\left[\sin\omega t - \sin\left(\omega t - \frac{2\,(n-1)}{m}\pi\right)\right], \text{ sau}$$

$$u_{ak} = 2\sqrt{2}\, U_2 \sin\frac{n-1}{m}\pi\cos\left(\omega t - \frac{n-1}{m}\pi\right) \qquad (6)$$

m şi n fiind întregi care satisfac condiţia:

$$m \geqslant n \geqslant 2\ .$$

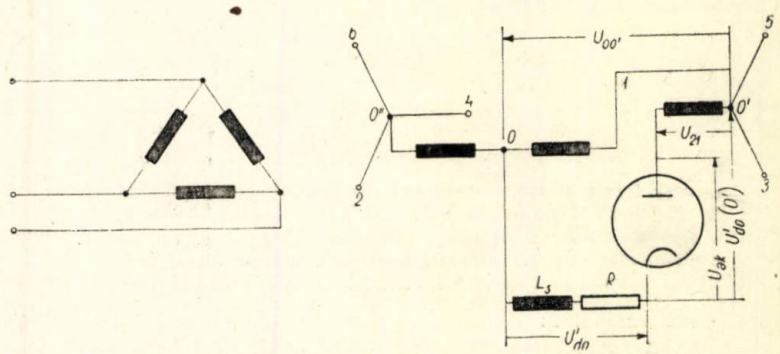


Fig. 5. Schema redresorului dublu stea cu transformator interfază.

Intervalul în care este valabilă această valoare a tensiunii inverse este determinat de relaţia:

$$\frac{\pi}{2} + \frac{2n\pi}{m} - \frac{\pi}{m} > \omega t > \frac{\pi}{2} + \frac{2n\pi}{m} - \frac{3\pi}{m} \qquad (7)$$

În acest interval tensiunea redresată este determinată de sinusoida de ordinul n.

Se va studia variaţia funcţiei u_{ak} (6) în intervalul (7) pentru diferite valori ale parametrului n.

În prealabil se va arăta că în intervalul dat, u_{ak} are o valoare negativă.

Cum $m \geqslant n \geqslant 2$ avem evident:

$$\frac{n-1}{m}\pi < \pi \qquad \text{şi} \qquad \sin\frac{n-1}{m}\pi > 0. \tag{8}$$

Din relaţia (7) se poate deduce:

$$\frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{m} - \frac{2\pi}{m} < \omega t - \frac{n-1}{m}\pi > \frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{m}.$$

Cele două inegalităţi, duc la:

$$y > \frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{m} - \frac{2\pi}{m} \qquad y \geqslant \frac{\pi}{2}$$

$$y < \frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{m} \qquad y \leqslant \frac{3\pi}{2}$$

unde s-a notat

$$y = \omega t - \frac{n-1}{m}\pi.$$

Prin urmare unghiul y este cuprins în cadranul *2* şi *3* şi cos y are o valoare negativă.

Ţinînd seama de acest rezultat cît şi de (8), din (6) se vede că în intervalul definit de relaţia (7) u_{ak} este negativ.

Unghiul y fiind cuprins în cadranul *2* şi *3*, maximul funcţiei cos y, pentru n dat, are loc la $y = \pi$ cînd funcţia u_{ak} are valoarea:

$$u_{akm} = -2\sqrt{2}\,U_2 \sin\frac{n-1}{m}\pi \tag{9}$$

$$\text{iar } \omega t = \pi + \frac{n-1}{m}\pi = \frac{\pi(m+n-1)}{m}$$

Care este maximul funcţiei u_{akm} cînd n variază?

După cum s-a mai arătat unghiul $\frac{n-1}{m}\pi$ este cuprins între O şi π, prin urmare valoarea maximă a funcţiei $\sin\frac{n-1}{m}\pi$ are loc pentru $\frac{n-1}{m}\pi = \frac{\pi}{2}$, de unde se deduce:

$$n = \frac{m}{2} + 1. \tag{10}$$

Valoarea maximă a funcţiei este:

$$u_{akm} = -2\sqrt{2}\,U_2 \tag{11}$$

şi are loc la:

$$t = \frac{\pi(m+n-1)}{m} = \frac{3\pi}{2} \tag{12}$$

Deoarece m şi n sînt numere întregi îndeplinirea condiţiei (10) este posibilă numai cînd m este par şi numai în acest caz sînt valabile rezultatele obţinute.

Cînd m este impar, valoarea maximă a funcţiei u_{akm} are loc pentru valorile întregi ale lui n, cele mai apropiate de $\frac{m}{2} + 1$ care sînt:

$$n_1 = \frac{m}{2} + 1 - \frac{1}{2} = \frac{m+1}{2},$$

$$n_2 = \frac{m}{2} + 1 + \frac{1}{2} = \frac{m+3}{2}.$$

Valorile maxime corespunzătoare ale funcţiei u_{akm} sînt:

$$U_{akM} = -2\sqrt{2}\,U_2 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2m}\right) = -2\sqrt{2}\,U_2 \cos\frac{\pi}{2m}$$

$$U_{akM} = -2\sqrt{2}\,U_2 \sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2m}\right) = -2\sqrt{2}\,U_2 \cos\frac{\pi}{2m}$$

Aceste maxime au loc la abscisele:

$$(\omega t)_1 = \frac{m + n_1 - 1}{m} = \frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{2m}$$

$$(\omega t)_2 = \frac{m + n_2 - 1}{m} = \frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{2m}$$

Concluzii

La un redresor polifazat cu secundarul în stea şi un număr par de faze, indiferent de numărul fazelor, tensiunea inversă de vîrf are întotdeauna valoarea absolută $2\sqrt{2}\,U_2$ şi are loc la abscisa $\omega t = \frac{3\pi}{2}$.

Maximul tensiunii inverse are loc în domeniul în care tensiunea redresată u'_{do} este determinată de sinusoida de ordinul $n = \frac{m}{2} + 1$.

La un redresor polifazat cu secundarul în stea şi un număr impar de faze tensiunea inversă are două maxime situate la abscisele

$$(\omega t)_1 = \frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{2m}, \qquad (\omega t)_2 = \frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{2m}$$

în domenii în care tensiunea redresată este determinată de sinusoidele de ordinul $\frac{m+1}{2}$, $\frac{m+3}{2}$.

Valoarea tensiunii inverse de vîrf respective este

$$-2\sqrt{2}\,U_2 \cos\frac{\pi}{2m}.$$

Exemple. Pentru un redresor hexafazat tensiunea inversă de vîrf este $2\sqrt{2}\,U$ şi are loc la $\omega t = 270°$ cînd u'_{do} este determinat de sinusoida de ordinul $\frac{6}{2} + 1 = 4$.

La un redresor trifazic tensiunea inversă de vîrf este $2\sqrt{2}\,U_2 \cos\frac{\pi}{6} = \sqrt{6}\,U_2$ şi are loc la $\frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{6} = 240°$ şi $\frac{3\pi}{2} + \frac{\pi}{6} = 300°$ cînd U'_{do} este determinată de sinusoidele de ordinul $\frac{3+1}{2} = 2$ şi $\frac{3+3}{2} = 3$.

Aceste rezultate au fost obţinute de asemenea grafic la punctul *A*.

Ţinînd seama de concluziile precedente cît şi de rezultatele obţinute la punctul *B* se poate spune că:

„în montajele de redresoare polifazate cu secundarul în stea cît şi în montajele speciale studiate la punctul *B* tensiunea inversă de vîrf nu poate depăşi valoarea $2\sqrt{2}\,U_2$, egală cu dublul amplitudinii tensiunii de fază a secundarului transformatorului".

Această concluzie poate fi folosită cu succes în calcule rapide de proiectare aproximativă a redresoarelor.

Ing. CONSTANTIN PANTELIMON

CZ 621-52

KUZOVKOV N. T.: **Teoria reglării automate.** Gosudarstvennoe Izdatelstvo Oboronnoi Promîşlenostii, Moscova 1957, 248. p.

În teoria sistemelor automate liniare, utilizarea caracteristicilor de răspuns la frecvenţă constituie una dintre principalele metode în analiza şi sinteza acestora. Lucrarea este dedicată în cele nouă capitole ale sale, studiului sistemelor automate liniare, folosind metoda răspunsului la frecvenţă. În afară de unele chestiuni devenite clasice, lucrarea conţine şi o serie de probleme tratate într-un mod cu totul original: studiul calităţii sistemelor automate pe baza răspunsului la frecvenţă al sistemului deschis, studiul sistemelor cu bucle multiple prin metoda răspunsului la frecvenţă, o nouă metodă pentru stabilirea răspunsului tranzitoriu din cel la frecvenţă. Principalele două capitole ale lucrării conţin unele chestiuni generale privind sistemele automate liniare: sisteme închise şi deschise, stabilirea ecuaţiilor diferenţiale ale sistemelor, problema stabilităţii sistemelor, regulatori statici şi astatici stabilirea schemelor bloc şi noţiuni de algebră a blocurilor.

Următorul capitol este dedicat studiului stabilităţii sistemelor automate liniare: criteriul lui Nyquist-Mihailov, studiul stabilităţii sistemelor automate cu o singură buclă şi cu bucle multiple pe baza caracteristicilor de frecvenţă în modul şi fază, cum şi diagramelor cercurilor pentru sistemele cu o singură buclă. În capitolul 4 se introduc caracteristicile logaritmice de modul şi fază a căror construcţie într-un caz concret este considerabil uşurată printr-o serie de nomograme indicate în cadrul lucrării. Tot aci se studiază legătura dintre caracteristica de modul şi cea de fază cum şi stabilitatea sistemelor cu una sau mai multe bucle pe baza acestor caracteristici. În capitolul 5 se tratează relaţiile generale existente între mărimea de intrare şi cea de ieşire ale unui sistem automat definindu-se coeficienţii de eroare ai unui sistem şi stabilindu-se totodată legătura dintre aceştia şi numărul de elemente integratoare din sistem. Capitolul următor conţine o tratare detaliată privind stabilirea răspunsului tranzitoriu pe baza celui de frecvenţa. Înafară de metodele clasice se expune o nouă şi ingenioasă metodă de aproximaţie a răspunsului tranzitoriu a cărui efectuare este mult uşurată de o serie de nomograme şi şabloane conţinute în lucrare. Ultimele trei capitole ale lucrării conţin problema studiului calitativ al performanţelor sistemului închis, cum şi diverse tipuri de corecţie acestor performanţe pe baza răspunsului la frecvenţa al sistemului în ciclu deschis.

Întregul material prezentat este însoţit de numeroase exemple numerice şi aplicaţii concrete, care uşurează considerabil însuşirea materialului prezentat. Aceasta este de cea mai mare importanţă în teoria sistemelor liniare, iar părţile originale cuprinse în lucrare măresc şi mai mult valoarea acesteia.

Ing. GH. R. IANCULESCU

CZ 621.314.652

KAGANOV I. L.: **Mutatoare electronice şi ionice. Circuite de alimentare şi comandă ale aparatelor ionice.** Gosudarstvennoe Energeticeskoe Izdatelstvo, Moscova 1956, 528 p.

Mutatoarele electronice şi ionice ocupă astăzi în electronica industrială, ca şi în electronica acţionărilor automate, un loc însemnat. În particular, problema alimentării şi a comenzii acestor instalaţii este de cea mai mare însemnătate. În vol. III al lucrării prof. KAGANOV, singurul care a sosit în ţară, se face o teorie unitară şi completă a acestor probleme destul de delicate. Tratarea întregului material este făcută la un înalt nivel ştiinţific, constituind o lucrare de referinţă în acest domeniu complex. Volumul conţine şase capitole. În primele două capitole se expun o tratare completă a redresoarelor monofazate şi polifazate, necomandate. Se tratează în detaliu diferitele scheme clasice de redresare, pentru diferite sarcini, stabilindu-se mărimile caracteristice ale acestor scheme ca şi formele de undă corespunzătoare. Capitolele 3 şi 4 conţin problemele privind comanda redresoarelor ionice. După ce se face o analiză detaliată a diferitelor scheme de comandă, insistîndu-se în deosebi asupra schemelor de comandă în impulsuri, se studiază proprietăţile diferitelor scheme de redresoare comandate mono- şi polifazate.

Capitolul 5 conţine problema foarte interesantă şi deosebit de complexă a invertoarelor şi convertizoarelor de frecvenţă. După ce se examinează condiţiile de trecere de la regimul de redresor la cel de invertor, se studiază proprietăţile cîtorva scheme de invertoare mono- şi polifazate. În continuare se studiază unele scheme de convertizoare ionice de frecvenţă.

Ultimul capitol al volumului este dedicat studiului diferitelor regimuri provenite din avarierea instalaţiilor de redresare. Prin vastul şi deosebit de interesantul material conţinut , ca şi prin modul de tratare complet şi riguros al acestuia, lucrarea constituie una din cele mai valoroase referinţe în acest domeniu al electronicii industriale.

ING. GH. R. IANCULESCU

CZ 621-526

ILLE J. C., PELEGRIN M., DECAULNE P.: **Théorie et technique des asservissements.** (Teoria şi tehnica servosistemelor). Dunod, Paris 1956, p. 704.

După cum indică chiar şi titlul, lucrarea constituie o expunere atît a teoriei sistemelor automate, cît şi a bazelor tehnice ale acestora, conţinînd o serie de date practice foarte utile. Ca atare lucrarea este destinată atît inginerilor specialişti şi studenţilor ca lucrare de curs, cît şi practicienilor. De asemenea, prin unele aspecte de cibernetică tehnică pe care le tratează, lucrarea poate interesa încă un număr foarte larg de cititori. Cele 27 capitole ale lucrării sînt împărţite în cinci părţi precedate de un capitol introductiv. După ce în introducere se expun o serie de noţiuni generale privind sistemele automate, în prima parte a lucrării (capit. 2 — 13) se tratează problema dinamicii generale a sistemelor liniare. Întrucît această problemă constituie baza teoriei sistemelor automate liniare, dezvoltarea ei în cadrul lucrării este pe deplin justificată. În cadrul acestei prime părţi, se insistă asupra problemei foarte importante a scrierii ecuaţiilor sistemelor liniare. Urmează problema studiului regimului tranzitoriu cu ajutorul transformatei Laplace, după care se tratează în detaliu proprietăţile sistemelor de ordinul I şi II, al căror studiu este astăzi neglijat pe nedrept în alte lucrări, deşi o înţelegere a proprietăţilor acestor sisteme este esenţială pentru o bună abordare a sistemelor complexe. Ceea ce mai este remarcabil în această parte a lucrării, este definiţia dată sistemelor liniare, ca sisteme descriptibile prin ecuaţii diferenţiale liniare cu coeficienţi constanţi. În afară de această precizare, care de multe ori este trecută sub tăcere, se discută metodele de liniarizare, ca şi limitele de valabilitate ale acesteia. În plus, mai tratează problema funcţiilor şi a locurilor de transfer pentru sistemele liniare, stabilitatea acestor sisteme, ca şi problema optimizării sistemelor liniare cu mărimi de comandă întîmplătoare.

Pe baza materialului conţinut în prima parte a lucrării, în cea de a doua parte (capit. 13—19) se expune teoria sistemelor automate liniare: funcţiile de transfer ale sistemelor automate liniare şi reprezentările grafice ale acestora, stabilitatea sistemelor cu reacţie, corecţia sistemelor automate, în în care se tratează în special reţelele corectoare fundamentale de tip serie, cum şi metoda locului rădăcinilor în studiul sistemelor automate. Se mai expun în această parte două probleme foarte interesante, mai puţin întîlnite în literatură: criteriile de apreciere a calităţii sistemelor automate şi sistemele automate cu mai multe variabile, cu aplicaţii la maşinile de calcul. În general această parte lămureşte foarte bine problemele de bază ale teoriei sistemelor automate liniare. Problema corecţiei acestora pare însă insuficient tratată neabordîndu-se tipuri de reţele corectoare mai complexe. De asemenea consider că o lipsă destul de importantă a lucrării este că nu tratează problema sintezei sistemelor automate liniare, esenţială astăzi în proiectare.

Cea de a treia parte a lucrării (capit. 20—22) este consacrată studiului sistemelor neliniare. Faţă de vastitatea problemelor, autorii au indicat numai metodele fundamentale

de studiu : metoda de aproximaţie a primei armonice şi metoda planului fazelor, dat fiind volumul totuşi limitat al lucrării. Aceste expuneri de metode sînt precedate de un interesant capitol în care se face o caracterizare generală a sistemelor neliniare.

În partea a patra a lucrării (capit. 23—27) se expun bazele tehnice ale sistemelor automate şi anume elementele acestor sisteme : diferite tipuri de detectoare folosite, calculele privind servomotoarele, şi principiile de funcţionare ale diferitelor tipuri de motoare electrice şi hidraulice. Se stabilesc funcţiile de transfer ale acestora şi se indică o serie de date practice privind diferitele tipuri de motoare existente. În continuare se tratează elementele amplificatoare de diverse tipuri : amplificatoare electronice, magnetice şi rotative.

Ultima parte a lucrării (capit. 28) conţine două exemple de proiectare ale unor sisteme automate : servomecanism de poziţie pentru un aparat de măsurat şi un pilot automat.

Prin vastul material conţinut, atît cu caracter teoretic, cît şi cu caracter practic, cît şi prin modul clar şi riguros de expunere, lucrarea este deosebit de valoroasă pentru domeniul automaticii. Problemele mai puţin obişnuite dar foarte importante pe care le tratează lucrarea, măresc şi mai mult interesul pe care-l poate aceasta prezenta.

ING. GH. R. IANCULESCU

CZ 621.374

MEEROVICI L. A., ZELICENKO L. G. : **Tehnica impulsurilor** (traducere din limba rusă). Editura Tehnică, Bucureşti, 1958, 559 p.

Lucrarea se adresează inginerilor care activează în domeniul tehnicii impulsurilor sau a aplicaţiilor acestora. Ea cuprinde o introducere în teoria şi calculul elementelor din tehnica impulsurilor, putînd astfel servi şi drept manual de specialitate pentru cursurile din învăţămîntul tehnic superior.

Cartea expune istoricul tehnicii impulsurilor după care în capitolele II—V se tratează metodele elementare de analiză şi de calcul ale sistemelor liniare cu ajutorul seriilor Fourier.

Următoarele capitole (VI—VIII) se ocupa de cele mai simple dispozitive de formare : limitatoare, circuite de axare, circuite de derivare, circuite oscilante.

Capitolele IX—XI sînt consacrate sistemelor liniare cu mai multe circuite oscilante : circuitele de întîrziere şi dipolii de formare. Se urmăreşte aici expunerea calculelor pentru obţinerea unei micşorări a distorsiunilor impulsurilor reproduse sau formate de circuit.

Circuitele basculante sînt examinate în capitolele XII—XVI. În aceste capitole se analizează şi se calculează legătura dintre proprietăţile unui sistem basculant şi cele ale amplificatorului respectiv, care poate fi obţinut prin întreruperea circuitului de reacţie.

Următoarele trei capitole se ocupă de generatoarele de tensiune liniar variabilă, dispozitivele de egalizare şi aplicaţiilor lor comune pentru obţinerea impulsurilor întîrziate sau a salturilor.

În capitolul XX sînt examinate o serie de exemple de aplicaţie a elementelor tipice descrise anterior pentru realizarea modulaţiei sau demodulaţiei impulsurilor ; aceste exemple se referă în special la practica sistemelor de comunicaţie prin impulsuri.

Unele măsuri în impulsuri specifice pentru practica de laborator sînt expuse în capitolul XXI.

O atenţie deosebită s-a acordat problemelor de stabilitate a mişcării, problemei erorilor, importante în studiul multor dispozitive, în special al celor conţinînd tuburi electronice. Se mai studiază influenţa parametrilor paraziţi, a variaţiei tensiunilor de alimentare, a schimbării şi îmbătrînirii tuburilor, asupra funcţionării dispozitivelor. Se ilustrează cu exemple numerice utile în proiectarea aparatajului. Nivelul lucrării este ridicat. Lucrarea ocupă un loc binemeritat între cărţile de bază ale inginerului electronist.

CZ 537.543

BONCI BRUEVICI A. M. : **Folosirea tuburilor electronice în fizica experimentală** (traducere din limba rusă). Editura tehnică, Bucureşti, 1958, 574 p.

Lucrarea este destinată a familiariza cu metodele radiotehnice în fizica experimentală. Ea este destinată studenţilor facultăţilor de fizică a căror specialitate nu este radiofizica.

Într-un capitol introductiv se studiază circuitele liniare simple, circuitele oscilante, liniile electrice şi tuburile electronice, sub aspectul fenomenelor electrice, caracteristicilor şi parametrilor ce le caracterizează.

Capitolul II examinează amplificatoarele de semnale electrice. Aici se tratează caracteristicile fundamentale ale amplificatoarelor, amplificatoarele cu rezistenţă, etajele de ieşire ale amplificatoarelor, amplificatoare cu reacţiune, etajele de amplificare cu sarcina în catod şi zgomotul amplificatoarelor.

Amplificatoarele speciale sînt studiate în capitolul III. Sînt expuse aici amplificatoarele de bandă largă, amplificatoarele liniare de impulsuri, amplificatoarele selective, amplificatoarele de curent continuu şi electrometrele cu tuburi electronice.

Generatoarele de semnale electrice şi releele de relaxare formează obiectul capitolului IV. Sînt expuse generatoarele de oscilaţii armonice, cele de producere a semnalelor cu forme speciale, multivibratoarele şi în sfîrşit circuitele basculante.

Capitolul V se ocupă de dispozitivele de măsurări. Se expun oscilografierea fenomenelor electrice, dispozitive pentru numărarea impulsurilor şi studiul distribuţiei impulsurilor după amplitudine cît şi a distribuţiei semnalelor în timp.

Capitolul VI examinează montajele de alimentare a instalaţiilor de laborator : redresoare de curent alternativ, stabilizatoare simple şi electronice.

Lucrarea atacînd un domeniu nou şi în plin progres, prezintă un interes major pentru laboratoarele noastre de fizică.

CZ 621.396.645.1

Amplificatoare rotative. Sub redacţia lui M. G. SAY, (traducere din limba engleză). Editura Tehnică, Bucureşti, 1958, 161 p.

Lucrarea are drept scop să descrie principiile de funcţionare, construcţia, încercarea şi întreţinerea a patru tipuri de amplificatoare rotative (amplidina, metadina, magniconul şi magnavoltul), principiile sistemelor de reglaj şi diverse aplicaţii.

Teoria generatorului cu cîmp transversal este expusă de B. ADKINS. Apoi se trece la tratarea construcţiei şi caracteristicilor amplidinei şi metadinei (K. F. RABY). Acelaşi autor expune mai departe încercarea şi întreţinerea amplidinei şi metadinei. A.W. BLACKHURST tratează în continuare construcţia, funcţionarea, încercarea şi întreţinerea magniconului. Magnavoltul este expus în două lucrări semnate de E. A. BINNEY : prima despre construcţie şi funcţionare, a doua despre încercare şi întreţinere.

A. L. WHITELEY se ocupă de principiile sistemelor de reglare automată cu referire specială la sisteme corespunzătoare utilizărilor moderne ale amplificatoarelor rotative. Acelaşi autor continuă să expună în lucrarea următoare, aplicaţiile amplificatoarelor rotative.

În anexă se dă o listă cuprinzînd principalele procese industriale şi instalaţii, unde şi-au găsit utilizarea amplificatoarele rotative descrise.

Lucrarea aduce o contribuţie necesară la cunoaşterea acestor amplificatoare şi poate fi utilă celor ce se interesează de reglările automate industriale, printr-o documentare bine pusă la punct şi o tratare calificată.

СОДЕРЖАНИЕ

Историческое значение XXI Съезда КП СССР

Automatica şi electronica, III (1959) № 1, стр. 1—2.

ДК 62152 (R)

Редакция :

Об отечественном производстве автоматизационной аппаратуры

Automatica şi electronica, III (1959) № 1, стр. 3.

ДК 621—52 : 622

ONCIU, T. :

Автоматика в горной промышленности

Automatica şi electronica, III (1959) No. 1, стр. 4—16

Приводятся новейшие достижения в области автоматизации горной промышленности, а также отмечаются достижения в „Валя Жиулуй". Рассматриваются основные требования, предъявляемые к горному оборудованию, предназначенному для дистанционного управления и автоматизации. Показано, что в СССР расходы по капвложениям для автоматизации амортизируются весьма быстро за счет увеличения производственной мощности шахтных установок и снижения эксплуатационных расходов. В заключение рассматриваются возможности автоматизации в „Валя Жиулуй" в общем, а также конкретный случай обогатительной установки. Рекомендуется ускорение процесса автоматизации горной промышленности РНР.

ДК 621.34 - 523.8.012

VAZACA, CHR. :

Статические и динамические характеристики электронных приводов

Automatica şi electronica, III (1959) № 1, стр. 7—27

Анализируются свойства и выводятся статические и динамические характеристики ансамбля выпрямитель-двигатель постоянного тока, применяемого в электронных приводах. Теоретические основы изложены для общего случая *m*-фазного выпрямителя. Приводятся передаточные функции для изменения числа оборотов за счет изменений угла управления выпрямителя а также момента нагрузки.

ДК 539.185.08

IONESCU, G. :

Развитие нейтронных селекторов

Automatica şi electronica, III (1959) № 1, стр. 27—39

Делается краткий исторический обзор развития нейтронных селекторов, а также обзор современной терминологии ядерной техники. Рассматриваются различные типы нейтронных селекторов и их основные характеристики в связи с их применением для различных областей энергии.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАМЕТКИ. стр. 40-43

ХРОНИКА, стр. 43

ЗАМЕТКИ И КОММЕНТАРИИ, стр. 44-46

РЕЦЕНЗИИ, стр. 47-48

INHALTSVERZEICHNIS

Die geschichtliche Bedeutung des 21. Kongresses der Kommunistischen Partei der Sowjetunion.

Automatica şi electronica, III(1959) H. 1, S. 1—2.

DK 621—52 (R)

LEITARTIKEL :

Über die Herstellung in unserem Lande von Automatisierungsapparatur

Automatica şi electronica, III(1959) H. 1, S. 3

DK 621—52 :622

ONCIU, T. :

Automatisierung in der Bergwerksindustrie

Automatica şi electronica, III(1959) H. 1, S. 4—16

Es werden die im Ausland erzielten Fortschritte beschrieben und dort, wo es der Fall ist, die Lage im Schiltal (rumänisches Bergwerksgebiet) angegeben. Es werden die Anforderungen gegenüber den Bergwerksanlagen geprüft, die zur Fernbedienung bzw. Automatisierung übergehen sollen. Weiterhin wird dargelegt, dass in der UdSSR die Investitionen für Automatisierung dank der durch Erhöhung des Leistungsvermögens der Anlage, durch Verminderung der Zahl der Arbeitskräfte und durch Verringerung der Betriebskosten erzielten Einsparungen sehr schnell getilgt werden. Zum Abschluss werden die Automatisierungsmöglichkeiten im Schiltal im allgemeinen, wie auch im konkreten Fall einer Aufbereitung untersucht. Es werden Empfehlungen zur Beschleunigung der Automatisierung in der Bergwerksindustrie der R.V.R. gemacht.

DK 621.34—523.8.012

VAZACA, CHR. :

Statische und dynamische Kennlinien der elektronischen Antriebe.

Automatica şi electronica III(1959) H. 1, S. 17—27

Für eine zum elektronischen Antrieb verwendete Gruppe Gleichrichter-Gleichstrommotor werden die Eigenschaften untersucht und die statischen und dynamischen Kennlinien abgeleitet. Die theoretischen Grundlagen werden für den allgemeinen Fall eines Gleichrichters mit m Phasen dargelegt. Es werden die Übertragungsfunktionen für sowohl durch den Steuerungsphasenwinkel des Gleichrichters als auch durch das Lastdrehmoment verursachte Drehzahländerungen abgeleitet.

DK 539.185.08

IONESCU, G. :

Entwicklung der Neutron-Selektoren

Automatica şi electronica III(1959) H. 1, S. 27—39

Es wird ein kurzer Rückblick betreffend die Entwicklung der Neutron-Selektoren gegeben und dann die heutzutage in der Kerntechnik verwendeten Ausdrücke besprochen. Es werden dann die verschiedenen Arten von existierenden Neutron-Selektoren dargelegt, wie auch deren Kenndaten. Eine Erörterung betreffend die Energiebereiche in denen die verschiedenen Arten von Neutron-Selektoren verwendet werden können, wird vorgenommen.

LABORNOTEN, S. 40—43

CHRONIK, S. 43

NOTEN UND BESPRECHUNGEN, S. 44—46

BUCHBESPRECHUNGEN, S. 47—48

SOMMAIRE

La signification historique du XXI-e Congrès du Parti Communiste de l'Union Soviétique

Automatica şi electronica, III (1959) no. 1, p. 1—2.

CD 621—52 (R)

EDITORIAL :

Au sujet de la fabrication d'apareillage d'automation dans notre pays.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 1. p. 3.

CD 621—52 : 622

ONCIU, T. :

L'automation dans l'industrie minière.

Automatica şi electronica, III(1959) no. 1, p. 4—16.

On décrit les progrès réalisés à l'étranger en indiquant aussi la situation existante dans la Vallée du Jiu. On éxamine les performances imposées à l'outillage minier qui sera automatisé, respectif sera commandé à distance. Dans la suite on montre qu'en U.R.S.S. les dépenses nécessaires à l'automation ont un amortissement très rapide dû aux économies realisées par l'agrandissement de la capacité de l'installation, par la réduction de l'effectif humain et par l'amoindrissement des frais d'entretien. En conclusion on examine les possibilités d'automation dans la Vallée du Jiu en général ainsi que la cas concret d'une préparation dans ce but. On fait des recommandations, destinées à accélérer le problème de l'automation dans l'industrie minière de la R.P.R.

CD 621.34—523.8.012

VAZACA, CHR. :

Les caractéristiques statiques et dynamiques de la commande électronique

Automatica şi electronica, III(1959) no. 1, p. 17—27

On analyse les propriétés et on déduit les caractéristiques statiques et dynamiques de l'ensemble redresseur-moteur de courant continu, utilisé dans les commandes électroniques. Les bases théoriques sont présentées pour la cas général d'un redresseur à m phases. On déduit les fonctions de transfert pour des variations du nombre de tours provoquées tant par l'angle de commande du rédresseur que par le couple de charge.

CD 539.185.08

IONESCU, G. :

L'évolution des sélecteurs de neutrons

Automatica şi electronica, III (1959) no. 1, p. 27—39.

Après un bref historique du développement des sélecteurs de neutrons, on discute les termes utilisés actuellement dans la technique nucléaire. On présente ensuite les différents types existants de sélecteurs de neutrons ainsi que leurs caractéristiques (performances). On discute des domaines d'énergie dans lesquels on peut utiliser les différents types de sélecteurs de neutrons.

NOTES DE LABORATOIRE, p. 40—43

CHRONIQUE, p. 43

NOTES ET COMMENTAIRES, p. 44—46

COMPTES-RENDUS, p. 47—48

CONTENTS

The historical significance of the 21 Congress of the Communist Party of the Soviet Union

Automatica şi electronica, III (1959) no. 1, p. 1—2

DC 621—52 (R)

EDITORIAL :

On manufacturing automizing apparatuses in our country

Automatica şi electronica, III (1959) no. 1, p. 3

DC 621—52:622

ONCIU, T. :

Automation in the Mining Industry

Automatica şi electronica, III(1959) no. 1, p. 4—16

The progress made abroad is reviewed, and wherever is the case the situation in the Jiu Valley is described. The requirements are analized regarding the mining equipment which ought to be remotely controlled, or automatized. Subsequently there is shown that in U.S.S.R. the amortisation of capital investment in automation is quickly reached owing to the economics realized by the growth of the installations capacity, the reduction of the personel and diminution of maintenance expenses. Some general concluding remarks are made on the possibilities of automation in the Jiu Valley, as well as about a specific case of ore preparation. Recommendations are made for the acceleration of the automation in the mining industry of R.P.R.

DC 621.34—523.8.012

VAZACA, CHR. :

The static and dynamic characteristics of electronic drives.

Automatica şi electronica, III(1959) no. 1, p. 17—27

The properties are analized and the static and dynamic characteristics are obtained for a thyratron rectifier — d.c. motor assembly used in electronic drives. The theoretical basis is presented for the general case of a polyphase rectifier. Transfer functions are derived for the variations of speed caused either by the ignition angle of the rectifier or the load torque.

DC 539.185.08

IONESCU, G. :

The evolution of the neutron selectors.

Automatica şi electronica, III(1959) no. 1, p. 27—39

A short historical presentation is made on the development of neutron selectors, after which the terms used to day in nuclear engineering are discussed. The several types of existing neutron selectors are presented, together with their characteristics and performance. The energy domains are indicated in which the several types of neutron selectors may be used.

LABORATORY NOTES, p. 40—43

CHRONICLE, p. 43

NOTES AND COMMENTARY, p. 44—16

BOOKS, p. 47—48

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-OSZTÁLYOS 1959

INGINERI ŞI TEHNICIENI

ABONAŢI-VĂ din timp pe anul 1959 la revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, care aduc la cunoştinţă cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare, ultimile realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

APAR LUNAR:

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HIRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA CONSTRUCŢIILOR ŞI A MATERIALELOR DE CONSTRUCŢII
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIEI ALIMENTARE—PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIEI ALIMENTARE — PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII

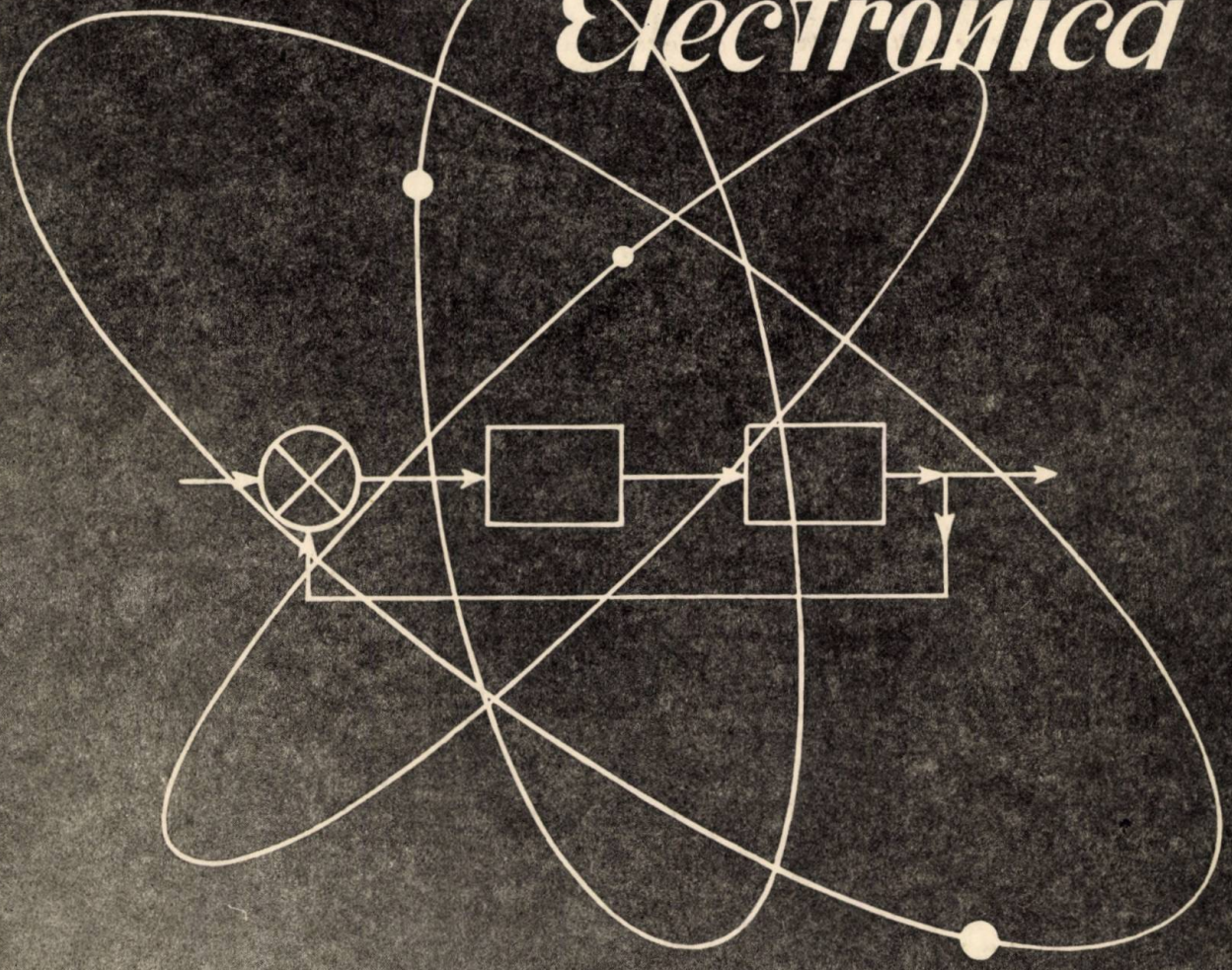
Un abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni lei 30, pentru biblioteci, instituţii, combinate tehnice etc. lei 100, prin cont virament: Publicaţiile Tehnice A. S. I. T. 070.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — Bucureşti

Abonamentele se primesc la sediul Consiliul Central ASIT
CALEA VICTORIEI Nr. 118

LEI 5

E 2551

Automatica și Electronica



R

2
1959

EXTRAS DIN RECOMANDĂRILE PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemena verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare.*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a cea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet, (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină).* Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiunii, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor* vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale *față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

REVISTA „AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA". organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București. Str. Ion Ghica nr. 3, Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 16.78.78 — Administrația și Casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon 14.06.24. — Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară, precum și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual, Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 3. București.

E 2551

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ORSZ. 1833

Automatica şi Electronica

Vol. III (1959) nr. 2 (ian. — febr.), p. 49 — 96.

SUMAR

EDITORIAL:

Semiconductorii şi fabricarea lor în ţară.
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 49.

CZ 621—53 :517.27
COSTAKE, N.:
Reglarea automată extremală.
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 50—56.
Se expun mai întîi ipotezele care stau la bază şi scopul reglării automate extremale, după care se face o clasificare a sistemelor de reglare automată extremală. Se trec apoi în revistă diferitele tipuri de regulatoare extremale, indicîndu-se principiul, problemele specifice şi domeniile de utilizare.

CZ 621.313.322.013.62 :621.316.722.1.078
DAMSKER, D.:
Reglarea automată a tensiunii unui alternator autoexcitat.
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 56—62.
Pentru un alternator dotat cu autoexcitare şi reglare automată a tensiunii se descrie schema şi calculul circuitului de reglare. Contributia autorului constă în elaborarea calculului unui circuit închis constituit din două înfăşurări de excitaţie, una de la preamplificator şi alta de la amplificatorul final, la amplificatoare magnetice cu două etaje.

CZ 681.142 :681.17.087
CONSTANTINESCU, V.:
Instalaţii digitale de control centralizat
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 62—67.
Articolul descrie construcţia, funcţionarea şi performanţele instalaţiilor de înregistrare digitală de interes industrial.

CZ 681.142—523.8
CĂLUŞIŢĂ, M.:
Elemente rezolvatoare pentru calculatorii analogi electronici de curent continuu.
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 68—76.
Prezentare generală a elementelor rezolvatoare pentru calculatorii analogi electronici de curent continuu. Autorul încearcă să dea o orientare în tipurile şi caracteristicile acestor elemente şi să contribuie totodată la fixarea nomenclaturii şi a terminologiei din acest domeniu, în limba romînă.

CZ 621.37/.38 : 001.4
DRĂGĂNESCU, M. şi STANCU, GH.:
Propuneri de terminologie pentru elemente electronice
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 76—80.

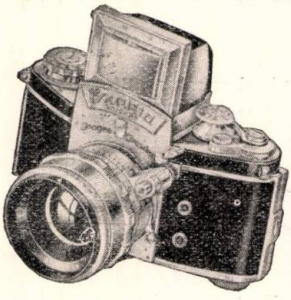
CZ 621.384.6
TOTH, T.:
Principii noi de accelerare a particulelor încărcate.
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 80—84.
Sînt expuse metodele „coherente" de accelerare a particulelor pînă la energi foarte mari şi anume: accelerarea cu ajutorul unui mediu în mişcare, cu ajutorul unei unde de şoc, şi cu ajutorul unei unde electromagnetice.

CZ 621.384.611 :537.122
TEODORESCU, I.:
Microtronul
Automatica şi electronica, III (1959) nr. 2, p. 84—88.
Se expune principiul de funcţionare şi realizarea microtronului — sursă compactă de radiaţii gamma intense sau de neutroni.

NOTE DE LABORATOR, p. 89—93
COMENTARII, p. 93—96
BREVETE, coperta III.

Fiecăruia

un aparat reflex cu oglindă pentru film îngust

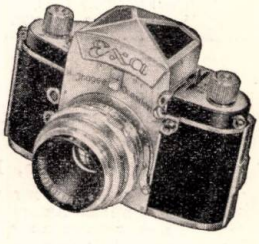


EXAKTA
Varex

camera cea mai bună pentru cele mai înalte exigențe

EXA

aparatul reflex cu oglindă simplificat pentru fotografii reușite de amatori



Remitem cu plăcere prospectele noastre

IHAGEE KAMERAWERK AG i.V. DRESDEN A1

Informații despre posibilități de procurare și prețuri prin:

TECHNOIMPORT, București, Str. Doamnei Nr. 5

Automatica și Electronica
REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ
ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
Vol. III (p. 49—96) Nr. 2, martie—aprilie București, 1959

EDITORIAL

Semiconductorii şi fabricarea lor în ţară

Unul din faptele cele mai remarcabile din domeniul electronicii este importanța considerabilă pe care au luat-o semiconductorii în ultimii ani.

In 1948 a apărut un dispozitiv — transistorul — format dintr-o pastilă de germaniu pe care se sprijineau două vîrfuri metalice, dispozitiv care cu toată simplitatea lui, avea proprietăți analoage cu ale unei triode. Ulterior au apărut transistorii cu joncțiune care au prezentat avantagii importante în ceea ce privește performanțele și rentabilitatea de funcționare. Cu acest dispozitiv, transistorul, a fost creată o nouă ramură a electronicii — domeniul semiconductorilor.

Entuziasmul creat de perspectivele de viitor ale acestui nou domeniu s-a tradus printr-o extindere considerabilă a cercetărilor științifice și tehnice în domeniul corpului solid și ca urmare un număr enorm de comunicări s-au publicat în revistele tehnice din întreaga lume. Citām pentru a evidenția răspîndirea acestei preocupări pe întreg globul: Uspekhi Fiziceskikh Nauk din U.R.S.S., Journal of Physics din India, The Bell System Technical Journal din S.U.A., Slaboproudy Obzor din Cehoslovacia, etc.

Aproape toate eforturile s-au axat în această perioadă pe semiconductori din germaniu și siliciu deși numărul substanțelor semiconductoare depășește cifra de o mie.

A fost desigur o întîmplare fericită că acest efect s-a observat în primul rînd la germaniu pentrucă acesta este unul din semiconductorii cu structura cea mai simplă și a fost posibilă o cunoaștere perfectă mai rapidă a proprietăților lui decît ar fi fost cazul cu alte solide.

Germaniul și siliciul se fabrică acum ca cristale pure și perfect formate și ceea ce este mai important această puritate și perfecție de structură poate fi modificată prin procedee tehnologice astăzi puse la punct. Efectele electrice produse de modificările de acest tip determină proprietățile caracteristice ale semiconductorilor. Un fapt remarcabil de notat este rapiditatea cu care perfecționările obținute în laborator au trecut în domeniul producției de mare serie.

Transistorii au influențat dezvoltarea tehnică și comercială a electronicii cu mult mai repede decît s-a putut prevede la început. Această dezvoltare a fost favorizată de faptul că electronica bazată pe tuburile electronice avea deja un rol important în tehnologia modernă. Transistorii, oferind în numeroase cazuri o alternativă avantajoasă față de tuburile electronice, au pătruns în numeroase dispozitive create pe baza tuburilor electronice și în particular în automatică, comunicații, radio, electronică industrială, rachete teleghidate, etc.

Totuși timp de 4 ani, pînă în 1952—53, producția industrială de transistori a fost încă redusă. După 1953 a urmat un salt important și în decurs de 3—4 ani această producție de transistori a crescut în proporție de peste 300 : 1. Calitățile care au impus transistorul în tehnica modernă ca un înlocuitor al tuburilor electronice sînt: volum redus, soliditate, durată mare de serviciu, consum mic de putere, tensiuni de alimentare reduse. In ultimul timp s-au obținut și perfecționări în ceea ce privește funcțiunile într-un domeniu larg de temperaturi, deficiență care limitase la început întrebuințarea lor în unele domenii speciale.

Cercetările fundamentale asupra semiconductorilor au fost întovărășite de progrese esențiale în domeniul tehnologiei de fabricație. Acestea au fost necesare pentrucă în producția de serie, fabricația transistorilor a pus probleme dificile pentru a se obține siguranța de funcționare, reproductibilitatea și domeniul de performanțe cerut.

Cu toate aceste probleme majore, în acești zece ani de existență, transistorii au atins un grad de dezvoltare care permite să concureze atît în performanțe și cost în numeroase aplicații, cu tuburile electronice.

Viitorul semiconductorilor și măsura în care dezvoltarea întrebuințării lor va menține ritmul de pînă acum este dificil de prevăzut. Asupra viitorului apropiat se pot face însă unele previziuni. Barierele de frecvență și putere care se credea că există pentru aceste dispozitive au dispărut aproape complet. In fază de laborator s-a ajuns la întrebuințări în domeniul 3000...5000 MHz. In ce privește puterea limită de 10 W, care acum cîțiva ani părea un maximum realizabil cu transistori de putere cu germaniu, este larg răspîndită pentru că s-a ajuns actualmente în laborator la transistori care sînt capabili de a debita 1...3 kW. In ce privește redresorii sînt de prevăzut de asemenea progrese rapide. Se fabrică actualmente celule unitare capabile să debiteze 50...200 A și se pare că se va ajunge în curînd la 500...1000 A pe celulă. Tensiunile inverse s-au ameliorat de asemenea și s-au atins deja cîteva mii de volți pentru redresorii de putere mică. Curenții inverși care sînt deja foarte mici vor deveni neglijabili în celulele din viitorul apropiat.

Ne găsim în fața unui domeniu foarte nou al tehnicii.

In expunerea făcută de tov. GH. GHEORGHIU-DEJ în ședință plenară a C.C. a P.M.R. din 26—28 noiembrie 1958, se prevăd următoarele:

„Mecanizarea complexă și automatizarea proceselor de producție va trebui să ia o extindere din ce în ce mai mare în industria siderurgică, în construcții de mașini, în chimie, petrol și gaze, în industria alimentară. In legătură cu aceasta trebuie intensificate lucrările începute pentru realizarea într-un timp scurt a semiconductorilor pe bază de materii prime din țară; dezvoltarea acestei ramuri înaintate a tehnicii va contribui la punerea în producție a aparaturii necesare automatizării proceselor de producție".

Referindu-ne la extrasul reprodus mai sus, este caracteristic pentru dinamismul economiei socialiste faptul că problema semiconductorilor figurează în planul de dezvoltare din țara noastră ca un exemplu de introducere a tehnicii noi în industria R.P.R.

NICOLAE N. COSTAKE*)

Reglarea automată extremală

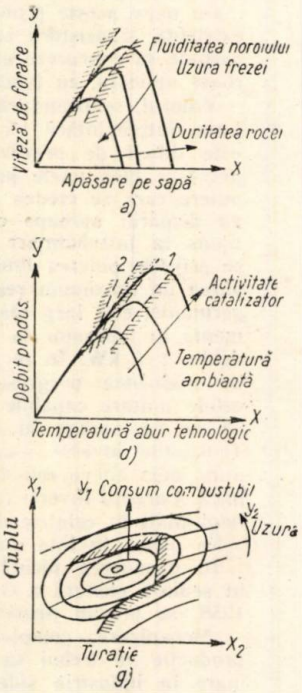
CZ 621-53:517.27

1. Punerea problemei.

Reglarea automată extremală se constituie în prezent ca o nouă ramură a tehnicii reglării automate, fiind principial diferită de reglarea automată obişnuită pe care o vom denumi în cele ce urmează reglare automată neextremală. Datorită caracterului ei specific, unii autori îi rezervă calificarea de „optimală", deşi de obicei acest calificativ este folosit cu o accepţiune mai largă.

Reglarea automată extremală are unele proprietăţi care o deosebesc fundamental de reglarea automată neextremală. Astfel, se porneşte de la ipoteza că obiectul de reglare are caracteristici necunoscute şi variabile, sau cunoscute cel mult ca alură. Singurele lucruri presupuse cunoscute sînt : domeniul de variaţii admisibile ale diverselor mărimi şi de obicei existenţa la un moment dat a unui punct de funcţionare cu caracteristici dorite.

Scopul reglării extremale este găsirea şi menţinerea maximului sau minimului unor mărimi sau eventual punctele în care derivatele dy/dx au valori dorite date. Printre mărimile de importanţă industrială care se pretează reglării automate extremale se pot cita : preţul de producţie, consumul de combustibil, raza de acţiune a unui proiectil teleghidat etc. În fig. 1 sînt indicate o serie de funcţiuni $y(x_i)$ cu importanţă tehnică cu specificarea zonelor optimale.



În cazul relaţiilor funcţionale a şi b, scopul reglării este menţinerea unui maxim. În cazul relaţiei funcţionale c, scopul este menţinerea unui minim. În relaţia funcţională d, sînt indicate două zone optime : zona *1* (maxim) care este zona de productivitate maximă şi zona *2* (o anumită pantă pozitivă) de rentabilitate maximă. Şi în cazul relaţiei funcţionale din fig. 1*e* problema este de menţinere a unei zone de rentabilitate maximă (o anumită pantă negativă). Relaţiile funcţionale f şi g reprezintă funcţiuni de mai multe variabile independente. Este uşor de verificat dînd de exemplu o anumită relaţie concretă $y = y(x, \lambda_i)$, λ_i fiind parametri, că dacă parametrii variază, o reglare automată neextremală nu este eficace, în schimb o reglare extremală la $\frac{dy}{dx}$ dat (eventual nul) menţine punctul optim.

Problema reglării extremale, formulată mai sus, nu a fost soluţionată complet decît în cazul elementelor automatizate cu o singură mărime de intrare şi parţial în cazul elementelor automatizate cu mai multe mărimi de intrare. Însăşi din formularea problemei se poate sublinia faptul că punctul optim este găsit şi menţinut automat, cu alte cuvinte, sistemele de reglare automată extremală au iniţiativa (după cum se ştie, iniţiativa nu este o caracteristică exclusivă a reglării extremale).

În cele ce urmează nu se vor lua în considerare sistemele care calculează relaţia funcţională şi pe baza aceasta calculează apoi extremumul [1] deoarece nu corespund accepţiunii uzuale a termenului de reglare extremală.

Schema bloc a unui sistem de reglare automată extremală cu o mărime de intrare este indicată în fig. 2.

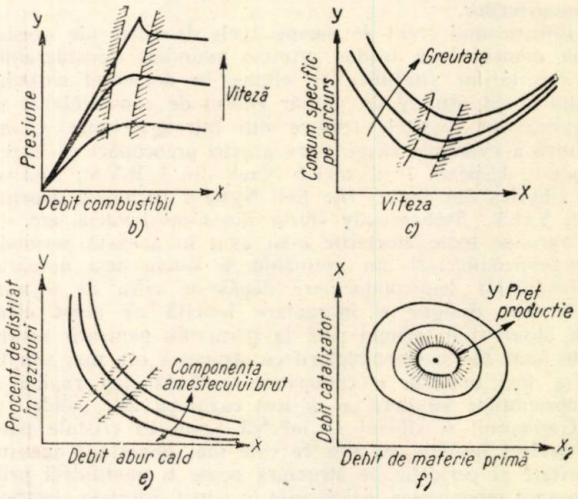


Fig. 1. Exemple de relaţii funcţionale adecvate pentru reglare automată extremală :
a – forare turbobur ; *b* – turboreactor ; *c* – proiectil teleghidat ; *d* – strat catalizator ; *e* – coloană de distilare ; *f* – reactor chimic ; *g* – motor Diesel.

Sistemul funcţionează în felul următor : mărimea de intrare este variată de elementul de explorare şi variază astfel mărimea de ieşire y, care se aplică elementului de detecţie. Acesta decide dacă punctul de funcţionare $y_0(x_0)$ este sau nu în regiunea optimă precum şi în ce sens trebuie variată mărimea de intrare

*) Ing. N.N. COSTAKE este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

pentru ca punctul de funcţionare să se apropie de ea.

Pot fi interesante cîteva observaţii.

În primul rînd, dacă sistemul lucrează în jurul unui extremum, deci $\frac{dy}{dx} = 0$, aparent nu există mărime de referinţă.

În al doilea rînd, sistemul de reglare extremală este structural stabil, deoarece nu se

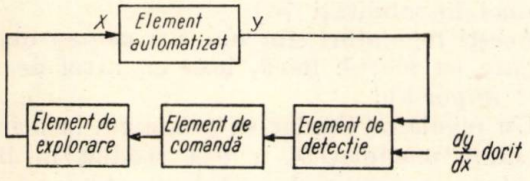


Fig. 2. Schema bloc a reglării extremale.

aplică principiul reacţiei negative. Se vorbeşte totuşi de instabilitatea sistemului extremal prin analogie cu cele neextremale, înţelegînd din acest caz că datorită unei comenzi defectuoase sau false, punctul de funcţionare $y(x)$ se depărtează de regiunea optimă în loc să se apropie de ea.

Clasificarea sistemelor de reglare extremală este posibilă după mai multe criterii, dintre care cele mai importante sînt două.

După forma variaţiei în timp a mărimii de intrare în cursul explorării există :

1. Sisteme cu explorare continuă, la care mărimea de intrare variază continuu (de obicei liniar sau sinusoidal) în cursul explorării.

2. Sisteme cu exploarare discontinuă, la care mărimea de intrare variază de obicei în trepte.

După durata procesului de explorare există :

1. Sisteme cu explorare permanentă, la care mărimea de intrare x este variată incontinuu pentru a preveni variaţia caracteristicii $y = y(x,t)$. În acest caz, sistemul execută mici oscilaţii permanente în jurul valorii optime y_0.

2. Sisteme cu explorare nepermanentă, la care mărimea de intrare x este variată numai atît timp cît există o diferenţă $y - y_0$ diferită de zero.

Prin analogie cu sistemele neextremale, se defineşte abaterea extremală

$$e(t) = y_0 - y(t)$$

respectiv abaterea extremală medie :

$$\overline{e(t)} = \overline{y_0 - y(t)}.$$

Cele mai simple sisteme sînt cele cu explorare continuă permanentă. Cele mai perfecţionate actualmente sînt cele cu explorare în trepte nepermanentă.

2. Reglarea automată cu o singură mărime de intrare, cu un singur extremum

2.1. *Sisteme cu explorare permanentă*

2.1.1. *Sisteme cu explorare liniară derivativă.* Principiul unui asemenea sistem este indicat în fig. 3, presupunîndu-se că nu există nici o inerţie pentru cazul că reglarea are ca obiect reglarea maximului funcţiei $y(x)$.

La aceste sisteme, mărimea de intrare este variată liniar în timp şi se măsoară derivata în timp a mărimii de ieşire. Cînd aceasta devine egală cu o valoare dată — δ, se schimbă sensul de variaţie al mărimii de intrare.

Se notează cu A_y amplitudinea oscilaţiilor mărimii de ieşire şi cu A_x, amplitudinea mărimii de intrare şi cu $A_{\dot{y}}$ amplitudinea oscilaţiilor derivatei mărimii de ieşire.

Pentru un calcul de orientare, se admite că elementul automatizat este caracterizat de o relaţie funcţională parabolică,

$$y = -kx^2. \tag{1}$$

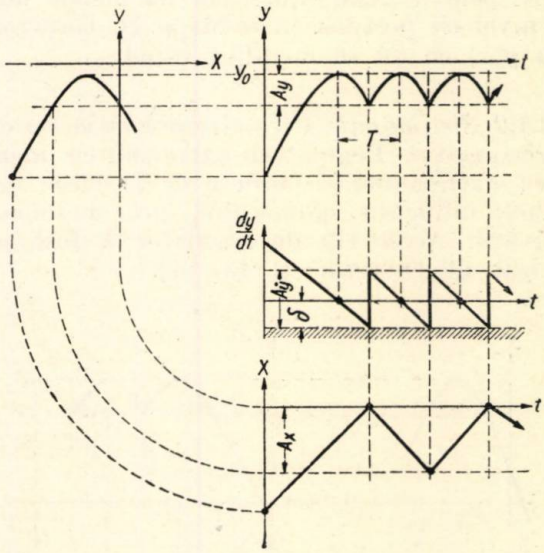


Fig. 3. Principiul de funcţionare a sistemelor de reglare extremală cu explorare liniară derivativă.

Rezultă următoarele relaţii :

$$\bar{e} = \frac{1}{3} A_{\dot{y}}; \tag{2}$$

$$A_x = \pm \sqrt{\frac{A_{\dot{y}}}{k}}; \tag{3}$$

$$\dot{y} = -8 \frac{A_y}{T^2} t \tag{4}$$

$$\delta = \frac{4 A_y}{T_y} = A_{\dot{y}} \tag{5}$$

Pe baza ecuaţiilor (1) . . . (4), sistemul este complet determinat dacă se dau k, T şi A_y.

O precizie bună pune problema influenței zgomotului.

În general, spectrul perturbațiilor are o regiune de joasă frecvență și alta de înaltă frecvență.

Utilizarea rațională a benzii înguste de lucru în cazul sistemelor cu explorare liniară derivativă nu se poate face în acest caz din cauza diferențierii care mărește influența componentelor în înaltă frecvență ale zgomotului.

Aceste perturbații, suprapuse peste semnalul util, pot produce comutări greșite și prin aceasta instabilitatea sistemului. Ca măsură de protecție se poate limita timpul de explorare în sensul scăderii mărimii de intrare.

Efectul întîrzierilor în sistem este cel de a mări abaterea extremală medie.

Un exemplu în realizare a unui astfel de sistem este arătat de OSTROVSKI [2]. Un sistem puțin diferit este cel propus de IVAHNENKO [3]. Sisteme pneumatice de acest tip au fost indicate de ZALMANZON [4].

Regulatorii extremali de acest tip se pot folosi pentru cazul proceselor cu inerție mică, cu nivel de perturbații redus și cu caracteristică $y(x)$ ce nu se modifică rapid.

2.1.2. *Sisteme cu explorare liniară, cu memorarea extremumului.* Regulatorii extremali cu memorarea extremumului pornesc de la ideea de a reduce influența zgomotului, prin eliminarea derivării. Acest tip de regulator a fost preconizat de DRAPER și LI [5].

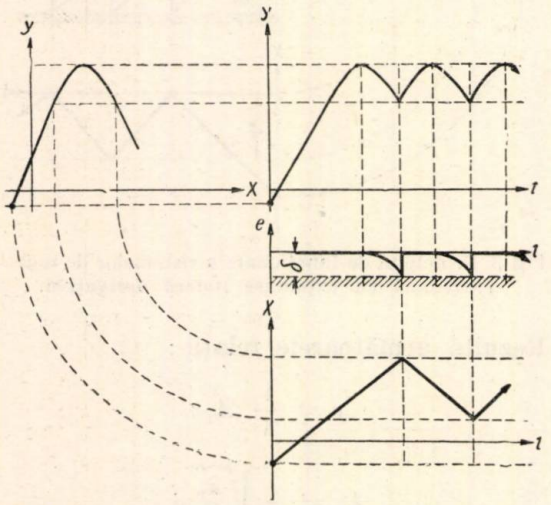


Fig. 4. Principiul de funcționare al regulatorului extremal cu memorarea extremumului.

Principiul de funcționare este indicat în fig. 4.

În acest caz elementul de comandă este declanșat de o memorie acționată la scăderea mărimii de ieșire sub valoarea maximă cînd eroarea extremală atinge o limită dată δ. Schema practică se bazează pe încărcarea unui condensator printr-o diodă astfel că la scăderea tensiunii de intrare el continuă să păstreze toată tensiunea la borne.

Relațiile principale ale sistemului fără inerție sînt cele valabile în cazul precedent.

În cazul existenței întîrzierilor în sistem, diferența între tensiunea memorată și cea curentă capătă o formă diferită ce prezintă pericolul unei comenzi de comutare false, deci a unei instabilități [6].

Acești regulatori sînt indicați pentru obiecte reglate cu inerție mică, însă cu nivel de zgomot important.

Un regulator similar ca principiu, însă într-o versiune pneumatică, a fost studiat la Institutul de Automatică și Telemecanică al Academiei de Științe a U.R.S.S. de către OSTROVSKI [7].

2.1.3 *Teoria sistemelor de reglare extremală cu explorare liniară.* Teoria sistemelor de reglare extremală cu o variabilă independentă și explorare liniară permanentă este încă într-o fază inițială.

Această teorie trebuie să răspundă în primul rînd la două probleme :

a) calculul procesului de explorare în jurul extremumului ;

b) calculul procesului tranzitoriu la deviația extremumului.

Din literatură rezultă că în prezent există două metode de calcul al procesului de explorare : una dezvoltată de H. S. TSIEN și S. SERDENGECTI [8], alta de MOROSANOV [9].

Calculul procesului tranzitoriu la deviația extremumului nu este încă întreprins. De asemenea, ambele metode neglijează zgomotul și presupun caracteristica simetrică $y = -kx^2$.

Metoda lui TSIEN și SERDENGECTI se bazează pe dezvoltarea în serie Fourier. Ecuațiile sînt scrise pentru variațiile din jurul extremumului admițînd că acestea sînt mult mai rapide decît schimbarea extremumului. Calculul este condus cercetîndu-se răspunsul unui sistem deschis ce cuprinde elementul automatizat la o perturbație în dinți de fierăstrău. Calculul numeric s-a condus în special pentru regulatorii cu memorarea extremumului.

Concluziile calculului sînt următoarele :

1. Eroarea extremală medie crește foarte mult cînd întîrzierile elementului automatizat și ale regulatorului sînt egale, cînd apare o rezonanță. Această rezonanță este cu atît mai pronunțată, cu cît întîrzierile sînt mai mari.

2. La întîrzieri date, eroarea extremală scade cu reducerea perioadei autooscilațiilor.

Deoarece aceasta este determinată de nivelul zgomotelor iar întîrzierea elementului automatizat este o caracteristică intrinsecă a sistemului, singura mărime pe care se poate interveni este întîrzierea introdusă de regulator, a cărui reducere micșorează eroarea extre-

mală. Pe de altă parte, se poate încerca şi compensarea constantei de timp a elementului automatizat printr-un circuit la intrarea regulatorului.

Metoda lui MOROSANOV este o metodă armonică, de tip utilizat în analiza sistemelor automate neliniare. Şi în acest caz ecuaţiile sînt scrise în jurul extremumului.

Ideea metodei este de a calcula amplificările echivalente ale elementului neliniar şi ale elementului de comutare şi de a scrie apoi ecuaţia pe toată bucla, de forma $\beta A = 1$. Pentru a găsi expresiile amplificărilor, se utilizează definiţii ad-hoc.

Concluziile sînt următoarele :

a) Pentru valori mici ale constantei de timp a elementului automatizat, eroarea extremală este mai mică la sistemele cu memorarea extremumului. Pentru constante de timp mari, ambele sisteme se comportă la fel.

b). Precizia creşte cu scăderea întîrzierii regulatorului, deoarece perioada autooscilaţiilor se micşorează.

2.1.4. *Reglarea extremală cu explorare sinusoidală.* Trecerea punctului de funcţionare prin extremum poate fi sezisată nu numai printr-o explorare liniară, ci şi prin una sinusoidală. Schema bloc a sistemului este indicată în fig. 5.

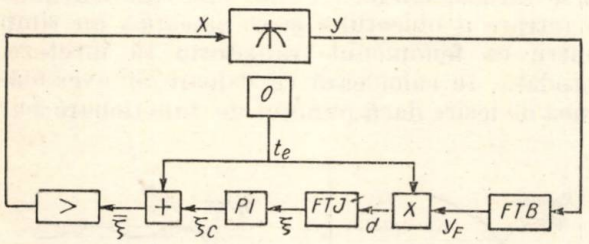


Fig. 5. Schema bloc a sistemului de reglare extremală cu explorare sinusoidală.

În acest caz, mărimea de intrare cuprinde o parte încet variabilă, la care se adaugă oscilaţia de explorare :

$$x = k' (\xi_c + t_e).$$

$$t_e = a \sin \omega t.$$

Presupunînd o relaţie funcţională parabolică, mărimea de ieşire devine :

$$Y = -K (\xi_c + a \sin \omega t)^2 =$$

$$= -K\left(\xi_c^2 + \frac{a^2}{2}\right) - 2K\xi_c a \sin \omega t + \frac{Ka^2}{2} \cos(2\omega t).$$

La ieşirea filtrului trece bandă se obţine :

$$y_F = -2 AK\xi_c \sin \omega t.$$

Această mărime este înmulţită cu oscilaţia de explorare :

$$d = -AKa^2 \xi_c (1 - \cos 2\omega t)$$

şi se filtrează într-un filtru trece jos :

$$\xi = -AKa^2 \xi_c$$

apoi se aplică unui servomecanism, componenta lent variabilă obţinîndu-se după legea

$$\tau \frac{d\xi_c}{dt} = -AKa^2 \xi_c.$$

Mărimea lent variabilă are deci forma

$$|\xi_c| = A\, e^{\frac{tAKa^2}{\tau}}.$$

Cînd sistemul operează în jurul extremumului ξ_c, se poate neglija şi ieşirea devine $-ka^2 \sin^2 \omega t$, deci :

$$\bar{e} = \frac{ka^2}{2}.$$

Este important studiul efectelor întîrzierilor şi al zgomotului.

Efectul întîrzierilor. Dacă în sistem există întîrzieri, acestea introduc un defazaj la ieşirea filtrului trece jos. Un defazaj mai mare de $\frac{\pi}{2}$ poate schimba semnul lui ξ, şi prin aceasta punctul de funcţionare se depărtează de extremum.

Apare deci şi în acest caz posibilitatea instabilităţii sistemului. Asemenea defazaje sînt introduse de toate elementele care urmează după elementul automatizat : traductoare, amplificatoare, inerţii, etc. Acest defazaj se poate însă combate atît prin construcţia îngrijită a elementelor, cît şi prin introducerea unui defazaj de sens invers înainte de intrarea detectorului sensibil la fază.

Efectul zgomotului. În principiu, faptul că aceşti regulatori utilizează două frecvenţe de lucru, frecvenţa de explorare şi frecvenţa joasă a mărimii lent variabile, atrage după sine necesitatea unei benzi largi de frecvenţe fără zgomot, cu alte cuvinte sensibilitatea la zgomot [6]. În realitate, situaţia nu este aşa de proastă.

În adevăr, datorită elementului de înmulţire, componentele zgomotului de frecvenţe ω_n, dau componente de c.c. numai pentru $\omega = \omega_n$. În cele mai multe cazuri, aceasta se poate evita prin alegerea frecvenţei oscilaţiei de explorare, precum şi printr-o filtrare îngrijită a mărimii de ieşire. De asemenea, printr-o filtrare îngrijită la ieşirea redresorului, se pot elimina eventualele componente alternative puternice.

Un sistem de reglare automată extremală cu explorare armonică a fost descris de VASU [10].

Acest sistem a fost destinat obţinerii presiunii maxime la ieşirea unui turboreactor, cînd viteza avionului variază. Caracteristica obiectului este cea indicată în fig. 1, *b*.

Experimentarea a arătat următoarele :

a) sistemul găseşte maximumul chiar la viteze foarte reduse, unde extremumul este foarte puţin pronunţat. Timpul de răspuns la o variaţie bruscă de viteză este de circa 1,5 s ;

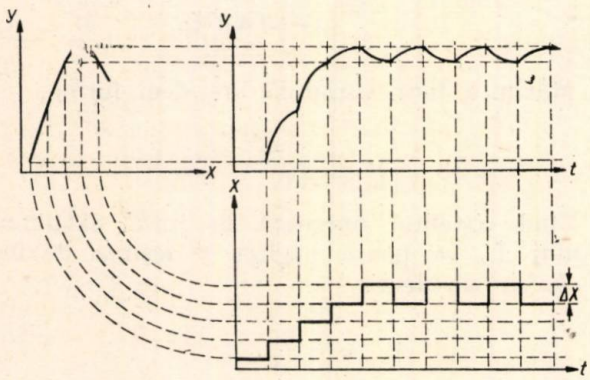


Fig. 6. Principiul de funcţionare a regulatoarelor extremale cu impulsuri cu explorare independentă.

b) sitemul lucrează satisfăcător chiar în prezenţa unui spectru de zgomot foarte intens, de exemplu cu filtru trece jos eliminat ;

c) amplitudinea minimă a semnalului de testare nu a fost limitată de zgomot, ci de caracteristicile dinamice ale pieselor mecanice.

2.1.5. *Reglarea extremală cu explorare permanentă în trepte.* Sistemele precedente se pot caracteriza prin aceea că presupun elementul automatizat lipsit de o inerţie prea mare.

Deoarece multe elemente automatizate întîlnite în practica industrială prezintă inerţii importante, s-a dezvoltat un tip de regulatoare extremale care explorează în trepte. Principiul unui regulator extremal cu impulsuri cu explorare independentă este indicat în fig. 6. În acest caz, mărimea de intrare primeşte variaţiile discrete $\pm \Delta x$. După ce s-a dat o variaţie bruscă mărimii de intrare, se aşteaptă un timp pentru stingerea fenomenului tranzitoriu, apoi un timp Δt, în care se stabileşte regimul permanent y_n. Mărimea y_n se compară cu mărimea de ieşire valabilă în etapa anterioară y_{n-1}. În funcţiune de diferenţa $\Delta y_n = y_n - y_{n-1}$ şi de Δx_n se stabileşte noua treaptă Δx_{n+1}, conform tabelei alăturate.

Δx_n	dy_n	dx_{n+1}
+	+	+
+	−	−
−	+	−
−	−	+

În acest fel, mărimea de intrare variază pînă în jurul extremului şi în cele din urmă oscilează în jurul lui.

Deoarece determinarea mărimii Δx_{n+1} se face după un timp de la comanda anterioară Δx_n, efectul inerţiei obiectului este înlăturat. De asemenea, întrucît se compară numai semnele diverselor mărimi, şi influenţa zgomotului este neglijabilă sau poate fi minimalizată.

În schimb, acest tip de regulator prezintă dezavantajul că dacă obiectul de reglare are o caracteristică nesimetrică cu o ramură abruptă, abaterea extremală medie poate creşte apreciabil. Un asemenea tip de regulator extremal a fost conceput de OSTROVSKI şi ESKIN [11] pentru a fi utilizat pentru comanda forării cu sistem turbobur, caracterizat prin relaţia funcţională din fig. 1, *a*.

Acest regulator extremal a fost aplicat în 1954 la sonde ale trustului Tuimazaburneft. Forarea a avut loc în condiţii de roci dure. Adîncimea de forare a variat între 730 şi 1560 m. Regulatorul a mărit viteza de forare de la 6 la circa 15 m/h. Totuşi, punctul de funcţionare nu a putut fi menţinut tot timpul riguros în regiunea optimă.

2.2. *Sisteme de explorare nepermanentă*

Un regulator extremal industrial cu explorare nepermanentă a fost prezentat de WHITE [12].

Acest regulator poate aduce punctul de funcţionare fie la extrem (maxim sau minim), fie la o pantă de funcţionare (negativă sau pozitivă), dorită, astfel că poate fi utilizat într-o gamă foarte largă de aplicaţii industriale.

Principiul de funcţionare este următorul : se dă iniţial un mic impuls de comandă, respectiv se variază sub forma unui mic salt mărimea de intrare a obiectului şi se aşteaptă un timp pentru ca fenomenul tranzitoriu să înceteze. Totodată, se calculează ce valoare ar avea mărimea de ieşire dacă punctul de funcţionare s-ar

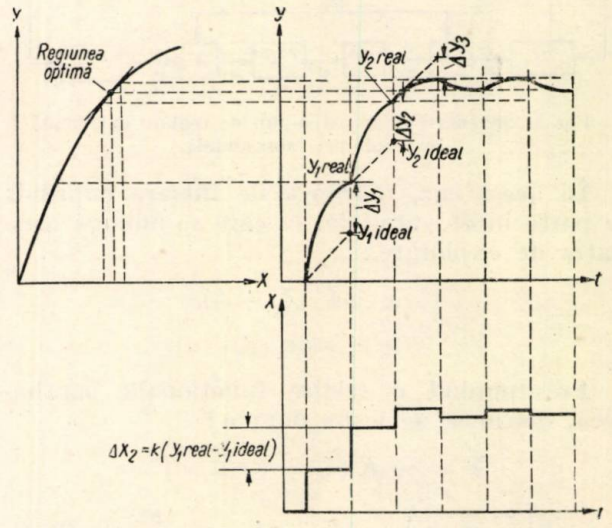


Fig. 7. Principiul de funcţionare a regulatorului cu explorare nepermanentă.

fi găsit chiar pe porţiunea cu panta dorită. După stingerea fenomenului tranzitoriu se compară valoarea reală a mărimii de ieşire cu cea calculată şi se dă un nou impuls de comandă, proporţional cu diferenţa lor. Ciclul se repetă pînă la atingerea maximului (fig. 7).

Acest principiu de funcţionare are următoarele caracteristici :

a) Răspunsul sistemului este comparat cu răspunsul dorit, de aceea nu este necesară trecerea prin extremum, respectiv panta dorită, care este obligatorie de exemplu la sistemele cu explorare lineară.

b) Regulatorul nu dă nici o comandă dacă punctul de funcţionare s-a stabilit în regiunea dorită atît timp cît nu intervin perturbaţii, respectiv schimbări ale caracteristicii obiectului.

Mărimea impulsului iniţial determină timpul de răspuns respectiv funcţionarea cu sau fără suprareglaj, ceea ce măreşte versatilitatea regulatorului.

Regulatorul prezintă avantaje serioase faţă de tipurile precedente, însă este mai complicat, incluzînd diverse elemente de memorizare.

3. Relaţii funcţionale cu o mărime de intrare, cu mai multe extremumuri

În cele de mai sus s-a presupus tot timpul că relaţia funcţională ce caracterizează elementul de automatizat, are un singur extremum, ceea ce nu este întotdeauna cazul.

De aceea, se pune problema de a găsi, de exemplu, maximum maximorum.

Soluţia acestei probleme a fost indicată de YOUNG [13]. Schema bloc a sistemului este indicată în fig. 8.

Funcţionarea are loc în trei etape :

În prima etapă, servomotorul variază mărimea de comandă a obiectului de reglare de la un capăt pînă la celălalt al domeniului de

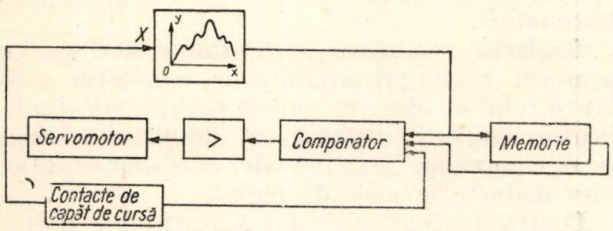


Fig. 8. Schema bloc a regulatorului de maxim maximorum.

variaţie dorit. Mărimea de ieşire corespunzătoare este înregistrată de memorie, care are caracteristica unui voltmetru de vîrf, deci reţine valoarea cea mai mare a mărimii de ieşire.

Atingerea graniţei domeniului este indicată de contactul de capăt de cursă respectiv.

În a doua etapă, servomotorul îşi schimbă sensul de mers explorînd domeniul de reglare în sens invers. Comparatorul compară valoarea curentă a mărimii de ieşire cu valoarea memorată şi cînd sînt egale, opresc servomotorul.

În a treia etapă se anulează memoria, în vederea unei noi explorări.

Sistemul a fost aplicat producţiei automate a emiţătorilor radio, pentru acordul automat al etajelor de radiofrecvenţă.

4. Reglarea extremală a elementelor automatizate cu mai multe mărimi de intrare

Posibilitatea reglării extremale în cazul unui element automatizat caracterizat printr-o relaţie funcţională cu mai multe variabile independente, a fost studiată de FELDBAUM [14]. Pe baza acestui studiu există o realizare experimentală pentru o funcţie cu două variabile independente, datorată lui STAHOVSKII [15].

Autorii şi-au pus problema minimalizării unei funcţiuni de mai multe variabile independente într-un domeniu limitat printr-un număr oarecare de curbe limită. Autorii au indicat două soluţii, dintre care se va prezenta cea mai simplă. Principiul este următorul :

În punctul de funcţionare iniţial, se calculează gradientul grad $Y = -\sum_1^n \frac{dy}{dx_j}\, i_j$ (mai exact se calculează componentele, dînd mici variaţii cunoscute δx_j succesiv pentru toate mărimile de intrare).

După aceea, se generează un impuls de lucru, fiecare mărime de intrare fiind variată cu cantitatea

$$\Delta x_j = -k\left(\frac{dy}{dx_j}\right)_0 .$$

Prin aceasta punctul de funcţionare se mişcă pe aceeaşi direcţie, dar în sens invers gradientului.

Ulterior, mişcarea punctului de funcţionare are loc pe direcţia gradientului şi în sens invers pînă la atingerea minimului pe această direcţie. Apoi, în acea regiune se calculează gradientul şi punctul de funcţionare se mişcă în sens invers noului gradient pînă la atingerea minimului ş.a.m.d.

Experimentarea a arătat că funcţionarea are loc în bune condiţii. Totuşi, acest regulator prezintă unele dezavantaje, dintre care cel mai important este complicaţia lui.

5. Concluzii

Pe baza celor expuse, credem că se pot afirma următoarele :

5.1. Reglarea automată extremală prezintă cîteva particularităţi interesante în raport cu reglarea automată neextremală, printre care în primul rînd se numără iniţiativa.

5.2. Reglarea automată extremală se găseşte deocamdată în stadiul de cercetare, cu unele realizări industriale pentru cazuri mai simple. Atît practic, cît şi teoretic, realizările existente constituie deabia un început.

5.3. Reglarea automată extremală va avea probabil următoarele domenii de aplicaţii :

a) Anumite procese care prin natura lor necesită o reglare extremală (turboreactorul, forarea turbobur, acordul automat al circuitelor cuplate etc.).

b) Conducerea automată a instalaţiilor în vederea unei rentabilităţi maxime. În acest caz, este de aşteptat ca regulatoarele extremale să aibă scopul de a furniza mărimile de intrare ale regulatoarelor neextremale, înlocuind un dispecer.

c) Obţinerea maximului de performanţe a unui sistem în condiţii mult diferite de cele nominale. Ca un exemplu, zborul unui avion pe care s-a depus ghiaţă.

d) Automatizarea studiului pe modele, determinînd parametrii optimi ai elementelor schemei bloc modelate.

e) Ajustarea automată a valorilor optime ale parametrilor regulatoarelor neextremale, în vederea optimalizării.

BIBLIOGRAFIE

[1] PHISTER, M.JR., GRABBE, E.M.: *Fitting the digital computer into process control.* Control Engng. 1957, 6 (129).

[2] OSTROVSKI, IU. I.: *Extremalnoe regulirovanie.* Avtomatica i Telemehanica, 1957, 9 (952).

[3] IVAHNENKO, A.G.: *Zadaci extremalnovo regulirovania.* Izvestia Academii U.S.S.R., 1956, 3.

[4] ZALMANZON, I.A.: *Necotoroe soobrajenia o sozdanii pnevmaticeski extremalnih reguliatorov.* Avtomatica i Telemehanica 1957, 1 (87).

[5] DRAPER, C.S., LI, J.T.,: *Principles of optimalizing control systems and an application to internal combustion engine.* Am. Inst. mech. Engrs., 1951.

[6] TSIEN, H.S.:, *Engineering cybernetics.* Mc. Graw Hill New York, Toronto, London, 1954, chap. 15 (214).

[7] OSTROVSKI, IU. I.: *Pneumaticeski extremum reguliator.* Avtomatica i Telemehanica, 1957, 11 (1045).

[8] TSIEN, H.S., SERDENGECTI, S.: *Analysis of peak holding optimalizing control.* Journal of the Aeronautical Sciences, 1955, 8 (561).

[9] MOROSANOV, I.C.: *Metodi extremalinogo regulirovania.* Avtomatica i Telemehanica, 1957, 11 (1029).

[10] VASU, G.: *Experiments with optimalizing controls applied to rapid control of engine pressures with high amplitude noise signals.* Trans. Am. Inst. mech. Engrs., 1957, 3 (481).

[11] OSTROVSKI, IU.I., ESKIN, M.G.: *Extremum reguliator dlia turbinovo burenia neftih skvajik,* Avtomatica i Telemehanica, 1956, 9 (775).

[12] WHITE, B.: *The quarie optimal controller.* Instruments and Automation, 1956, 11 (2212).

[13] YOUNG, N.H.: *An automatic control system with provision for scanning and memory.* Trans. Am. Inst. electr. Engrs., 1953, 1 (392).

[14] FELDBAUM, A.A.: *Avtomaticeski optilizator.* Avtomatica i Telemehanica, 1958, 8 (731).

[15] STAHOVSKI, R.I.: *Dvuhkanalnih avtomaticeski optilizator.* Avtomatica i Telemehanica, 1958, 8 (744).

DOREL DAMSKER*)

Reglarea automată a tensiunii unui alternator autoexcitat

CZ 621.313.322.013.62:621.316.722.1.078

La trenurile automotoare diesel-electrice construite de uzinele „23 August", s-a introdus ca generator auxiliar un alternator de 30 kVA, 110 V, 50 Hz, furnizat de Combinatul Metalurgic Reşiţa. Acest alternator a fost dotat cu autoexcitare şi reglare automată a tensiunii realizate de autorul acestor rînduri ajutat de ing. C. MARIAN. [1].

Dat fiind că asemenea scheme de reglare pot avea aplicaţii curente în tot felul de cazuri în care se utilizează alternatori de putere mică, s-a găsit că este interesant să se expună sistemul şi calculul său.

Deşi utilizarea unui circuit închis constituit din 2 înfăşurări de excitaţie, una de la preamplificator şi alta de la amplificatorul final, la amplificatoare magnetice cu două etaje, în scopul îmbunătăţirii comportării dinamice este cunoscută, totuşi este prima dată cînd se prezintă calculul unui asemenea circuit în literatura de specialitate.

Descrierea schemei

Alternatorul este amorsat de la bateria de acumulatoare de 48 V, apoi funcţionează cu autoexcitaţie şi are tensiunea reglată automat. Întregul proces, de la amorsare pînă la regimul staţionar de autoexcitare şi tensiune constantă, se face la un singur impuls de comandă, prin butonul *B*.

Reglarea automată a tensiunii se face cu ajutorul unui preamplificator magnetic care are şi rolul de element de comparaţie, un amplificator magnetic trifazat ca amplificator final şi o conexiune reactivă de autocompensaţie, care măreşte precizia de reglare.

Pentru autoexcitare sînt folosiţi chiar redresorii etajului final, tensiunea redresată fiind reglată automat.

Pentru a sezisa variaţia tensiunii alternatorului faţă de tensiunea nominală (110 V) s-a introdus un detector de abatere compus din două circuite: unul liniar şi altul neliniar. Comanda preamplificatorului magnetic se face prin comparaţia magnetică a amperspirelor înfăşurărilor de comandă A_6E_6 şi A_4F_4 (În figură, înfăşurările lui AM-2). Circuitul neliniar este constituit din rezistenţe neliniare pe bază de cristale de siliciu-carbid, aglomerate cu ajutorul unui liant. Rezistenţa de contact între cristale este dependetă de tensiunea aplicată. Caracteristica electrică a amestecului presat este determinată de aşezarea spaţială a cristalelor care sînt conectate în mod natural în serie sau paralel.

Caracteristica tensiune-curent a rezistenţelor neliniare este caracterizată prin aceea că la

*) Ing. D. DAMSKER este conferenţiar la Institutul politehnic Bucureşti şi şef de secţie la Institutul de cercetări electrotehnice.

tensiuni mici curentul este redus apoi variațiile de curent sînt din ce în ce mai mari pentru aceeași variație de tensiune. Circuitul liniar este astfel dimensionat ca să intersecteze caracteristica neliniară tensiune-curent la tensiunea nominală redresată.

Sistemul este astfel calculat încît la mersul în gol se obține eroare de tensiune negativă (tensiunea alternatorului superioară tensiunii impuse). În această situație negativarea lui AM-1 este maximă.

La funcționarea cu sarcina maximă inductivă, curentul de excitație necesar alternatorului este produs prin pozitivarea lui AM-1 provocată de reacția pozitivă de curent prin înfășurarea A_6E_6, de micșorarea negativării pe înfășurarea A_3E_3 și de creșterea curentului de comandă prin înfășurarea A_4E_4, ca urmare a faptului că eroarea de tensiune își modifică semnul. La o alegere corectă a rezistențelor circuitelor eroarea pozitivă va fi egală cu cea negativă și ambele la valorile minime, pe care le permite amplificarea disponibilă în sistem. În acest fel eroarea de tensiune ce se poate obține nu depășește $\pm 1\%$ la variația de la gol la sarcina nominală.

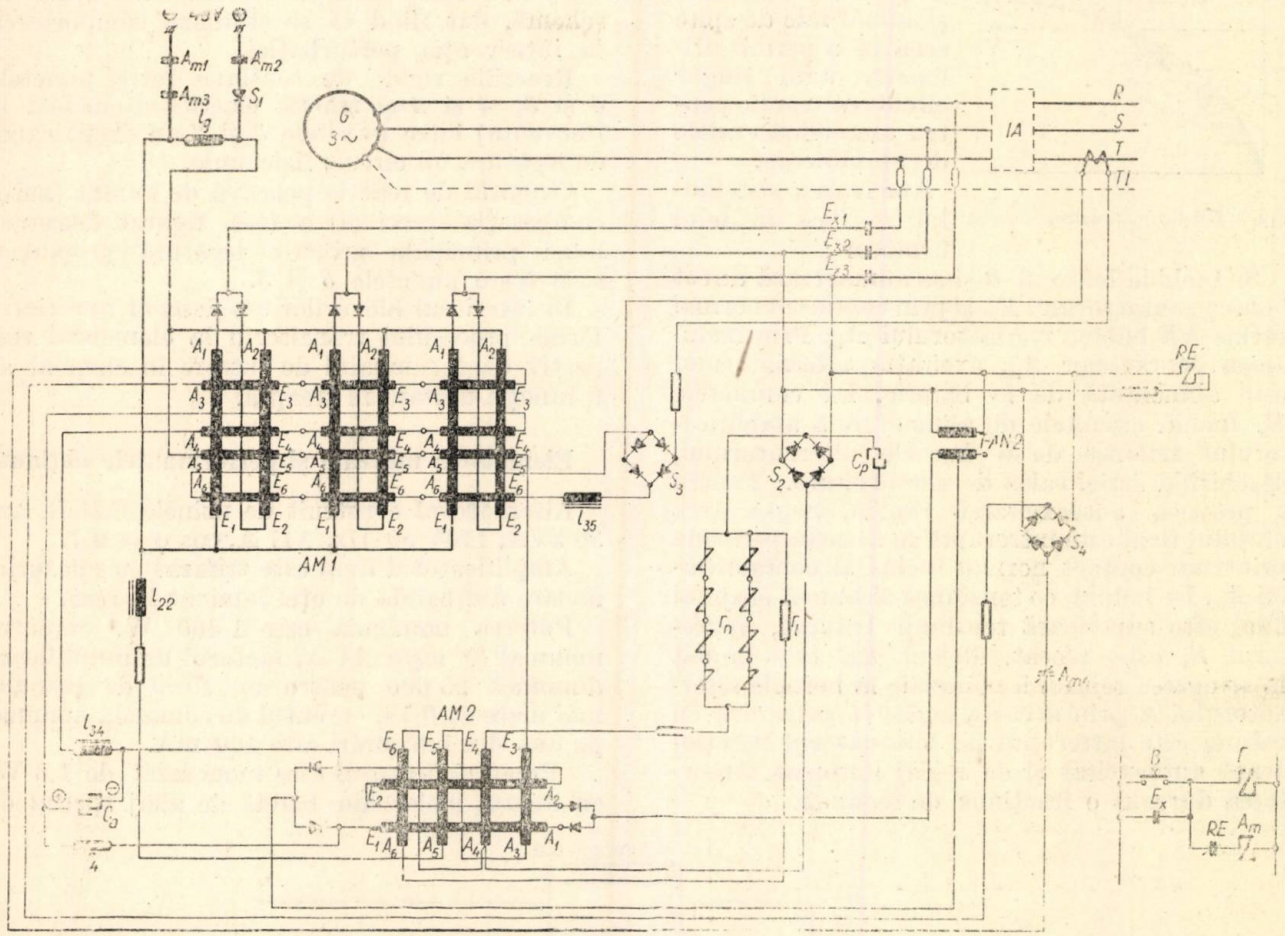


Fig. 1. Schema alternatorului.

Amperspirele circuitului neliniar (înfășurarea A_4E_4) sînt demagnetizante și ale circuitului liniar sînt magnetizante. La tensiuni mai mici ca tensiunea nominală redresată, amperspirele rezultante sînt magnetizante și invers. Tensiunea impusă la ieșirea alternatorului poate fi ajustată prin modificarea rezistenței circuitului liniar. Sistemul de reglare lucrează cu eroare staționară (cu statism).

Pentru a avea tensiunea de ieșire dorită la bornele alternatorului este necesar ca amplificatorul final să aibă o premagnetizare corespunzătoare. Premagnetizarea dată de înfășurarea de comandă A_4E_4 de pe AM-1, se obține pe seama unei magnetizări rezultante pozitive la preamplificator, deci pe seama unei erori de tensiune care este cu atît mai mare cu cît sarcina alternatorului este mai mare și inductivă. Pentru micșorarea abaterii de reglaj la sarcini mari servește compundarea lui AM - 1, prin înfășurarea A_6E_6.

S-au luat precauțiuni speciale împotriva redresării curenților induși în circuitele de comandă. În acest scop au fost introduse inductanțele l_{22}, l_{34}, l_{35} și condensatorii C_p, C_a.

Pentru stabilizare s-a prevăzut o reacție negativă rigidă de la tensiunea de ieșire din etajul final pe înfășurările A_5E_5 și A_3E_3 ale

preamplificatorului, precum şi o reacţie de corecţie derivativă după intrarea pe amplificatorul final pe aceleaşi înfăşurări ale preamplificatorului. Înfăşurarea preamplificatorului folosită pentru reacţia negativă rigidă are secţiunea relativ mare şi număr mic de spire ceea ce a permis utilizarea unui singur circuit de reacţie pentru amîndouă etajele de amplificare.

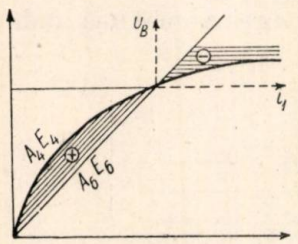


Fig. 2. Diagrama tensiune-curent.

Amorsarea sistemului se face în felul următor :

Se închide butonul B şi se alimentează direct bobina contactorului E_x şi prin contactul normal închis RE bobina contactorului A_m. Prin închiderea contactelor A_m, excitaţia alternatorului este alimentată de la baterie, iar contactele E_x închid circuitele de alimentare a amplificatorului trifazat de la bornele alternatorului, deschizînd astfel calea de autoexcitare. Pentru a provoca autoexcitarea rapidă, negativarea etajului final este întreruptă în această perioadă printr-un contact normal închis al contactorului A_m. De îndată ce tensiunea la ieşirea etajului final este superioară tensiunii bateriei, redresorul S_1 este blocat. Releul RE este cuplat la atingerea tensiunii nominale la bornele alternatorului şi prin aceasta legătura galvanică cu bateria este întreruptă iar alternatorul funcţionează autoexcitat şi cu reglaj automat. Amorsarea durează o fracţiune de secundă.

figurate elementele din lanţul de comandă directă. Deasupra blocurilor figurînd elementele, s-a notat funcţiunea principală a elementului. Variaţiile tensiunii sînt sezisate de detectorul de abatere care produce semnalul de acţiune asupra elementelor de pe linia principală direct comandate. Mărimea de referinţă nu apare în schemă, dat fiind că se studiază comportarea la intervenţia perturbaţiei.

Reacţiile rigide de tensiune între punctele *4* şi *3*, *4* şi *2* şi reacţia elastică (sensibilă la frecvenţă) între punctele *3* şi *2* au drept canal de legătură un circuit fizic unic.

Circuitul de reacţie pozitivă de curent (autocompesaţia sarcinei) a fost figurat deasupra liniei principale printr-o legătură proporţională între punctele *6* şi *3*.

În interiorul blocurilor s-a desenat apreciativ forma procesului tranzitoriu la elementul respectiv dacă semnalul de intrare în element ar fi funcţia unitară în treaptă.

Elementele utilizate şi performanţele obţinute

Alternatorul construit de uzinele C.M.R. are 30 kVA, 110V 50 Hz, 147 A, cos $\varphi = 0{,}7$.

Amplificatorul final este trifazat cu miezurile inelare din bandă de oţel laminat la rece.

Puterea nominală este 1 400 W, curentul nominal de ieşire 14 A, factorul de amplificare dinamică 25 000 pentru un timp de răspuns mai mare ca 0,1 s, curentul de comandă nominal pe una din înfăşurări este 100 mA.

Preamplificatorul este monofazat de 1,8 W, cu miezul inelar din bandă de aliaj special de

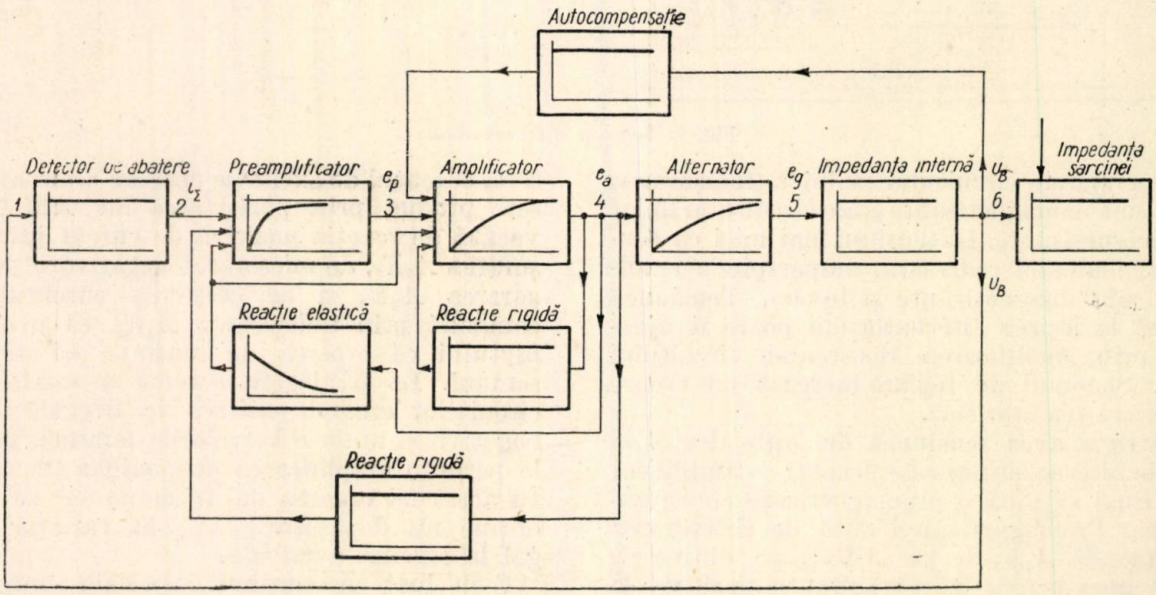


Fig. 3. Schema funcţională.

Schema funcţională

Schema funcţională din fig. 3 este întocmită considerînd variaţia sarcinei ca mărime de perturbaţie. Pe linia orizontală principală sînt

fer-nichel Permenorm 5 000 Z. Curentul nominal de ieşire 0,34 A, factorul de amplificare dinamică 7 000, curentul de comandă nominal pe una din înfăşurări este 3 mA.

Introducerea preamplificatorului a permis ca să se poată utiliza pentru detectarea abaterii de reglaj rezistenţe neliniare, care au putere şi staţionare reduse şi permit obţinerea unei erori staţionare redusă.

Dacă s-ar fi dispus de un alternator cu două înfăşurări separate de excitaţie, puterea amplificatorului final s-ar fi putut reduce la jumătate.

Rezistenţele neliniare [2] utilizate sînt discuri de diametrul 40 mm cu puterea 3 W pentru fiecare disc. S-au montat cîte două grupe în paralel, fiecare grupă avînd 4 discuri în serie. În acest fel s-a ajuns la un curent admisibil de aproximativ 0,2 A, care este curentul de durată ales pe fiecare dintre cele două înfăşurări ale preamplificatorului, prin care se face comparaţia magnetică. Raportul mare existent între curentul de durată şi curentul de comandă al amplificatorului (200/3) asigură o precizie mare.

Relaţia de bază, care leagă tensiunea aplicată de curentul care trece prin rezistenţa neliniară este :

$$V = CI^{\beta} \qquad (1)$$

unde C şi β sînt constante de material. În cazul rezistenţelor utilizate constantele au următoarele valori $C = 56$ şi $\beta = 0{,}23$. Din relaţia de mai sus se deduce că la montarea a m grupe în paralel cu cîte n discuri în serie, formula (1) devine :

$$V = \frac{nC}{m^{\beta}} I^{\beta} = \frac{4 \cdot 56}{2^{0{,}23}} \cdot I^{0{,}23} = 190\, I^{0{,}23} \qquad (2)$$

unde V este tensiunea aplicată întregului ansamblu de rezistenţe neliniare şi I curentul total care traversează ansamblul.

Cu aceste elemente s-a obţinut reglarea tensiunii în condiţii cu totul satisfăcătoare nevoilor. La variaţia sarcinei de la gol la valoarea nominală, aplicată brusc, eroarea tranzitorie nu depăşeşte 2,5% iar eroarea staţionară este în jurul valorii de 1%.

Ecuaţiile de legătură între parametrii sistemului

O problemă deosebită ridică cuplajul magnetic între înfăşurările de comandă ale amplificatoarelor magnetice, precum şi cuplajul între etaje produs de circuitul comun al reacţiilor rigidă şi elastică.

Calculul condus pe baza funcţiilor de transfer ale elementelor din schema funcţională riscă să nu cuprindă fenomene fizice importante, deaceea s-a preferat un calcul analitic mai cuprinzător. A fost necesar să se liniarizeze ecuaţiile, neglijîndu-se unele fenomene de importanţă secundară. Inductanţele înfăşurărilor de comandă ale amplificatoarelor au fost considerate în valori medii, neglijîndu-se variaţiile ciclice, redresorii au fost consideraţi de rezistenţă constantă în sensul trecerii şi de rezistenţă infinit în sensul opus. Fluxul de scăpări între înfăşurări a fost neglijat.

Schema electrică a cuplajelor magnetice dintre circuite se prezintă ca în fig. 4.

S-a notat cu u_d, e_p, e_a şi e_g variaţia tensiunilor de la un regim staţionar respectiv la ieşirea

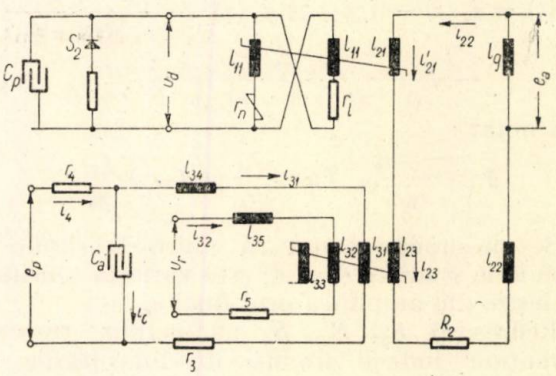


Fig. 4. Schema electrică a cuplajelor magnetice.

din redresorul S_2, la ieşirea din preamplificator, la ieşirea din amplificatorul final şi a f.e.m. interne a alternatorului.

Se consideră pentru început, ca fiind unica existentă, variaţia de tensiune u_d. Caracteristica tensiune-curent a rezistenţei neliniare, la variaţii mici de tensiune, se asimilează cu o dreaptă de forma :

$$U_d = r_n I_n + U_0 \,. \qquad (3)$$

Pentru variaţii de tensiune u_d , este valabilă ecuaţia :

$$u_d(s) = r_n i_n(s) + l_{11}\, s\, i_n(s) + m_{12}\, s\, i'_{21} \,, \qquad (4)$$

unde i_n este variaţia curentului care traversează circuitul neliniar, l_{11} inductanţa înfăşurărilor de comandă, m_{12} inductanţa mutuală cu circuitul de reacţie (circuitul *2*). Curenţii induşi în ramurile liniară şi neliniară se anulează reciproc. Curentul i'_{21} indus în circuitul *2* este determinat de relaţia :

$$0 = m_{12}\, s\, i_n + R_2\, i'_{21} + sL_2\, i'_{21} \,. \qquad (5)$$

Rezistenţa R_2 şi inductanţa L_2 sînt corespunzătoare întregului circuit *2*. Condensatorul C_a are capacitate mică încît nu constituie o cale pentru curentul indus în circuitul *3* de către i'_{21}. Din relaţiile (4) şi (5) rezultă :

$$i_n(s) = \frac{u_d(s)\,(R_2 + sL_2)}{(r_n + sl_{11})(R_2 + sL_2) - m_{12}^2 s^2} \,. \qquad (6)$$

Analog se găseşte :

$$i_1(s) = \frac{u_d(s)\,(R_2 + sL_2)}{(r_1 + sl_{11})(R_2 + sL_2) - m_{12}^2\, s^2} \qquad (7)$$

unde i_1 şi r_1 sînt curentul şi rezistenţa circuitului liniar al elementului de comparaţie.

Curenții induși în circuitul 2 au sensuri contrare, au valori absolute reduse din cauza impedanței mari a circuitului și diferă puțin între ei încît acțiunea lor rezultantă asupra preamplificatorului poate fi neglijată. Ținînd seama că cele 2 înfășurări de comparație magnetică au același număr de spire rezultă pentru variația curentului magnetizant expresia :

$$i_{11}(s) = i_1(s) - i_n(s) \cong u_d(s) \frac{r_n - r_1}{(r_1 + sl_{11})(R_n + sl_{11})} = -g \frac{u_d(s)}{(1 + sT_{1l})(1 + sT_{1n})} \cdot \quad (8)$$

S-a notat :

$$g = \frac{r_1 - r_n}{r_1 r_n}, \quad T_{1l} = \frac{l_{11}}{r_e} \text{ și } T_{1n} = \frac{l_{11}}{r_n}.$$

Se presupune acum că unica tensiune în circuitele studiate (fig. 4) este variația tensiunii de ieșire din amplificatorul final e_a.

Redresorii S_2, S_3, S_4 nu permit trecerea curenților induși produși de înfășurările de comandă în procese tranzitorii, din cauză că tensiunea alternativă directă blochează pe rînd cîte o ramură de redresare, care ar trebui străbătută de curenții induși, indiferent de sensul lor. Redresorii de autosaturare ai amplificatoarelor magnetice nu pot fi străbătuți de curenții induși în regim tranzitoriu din cauză că pe rînd cîte o ramură este blocată. În intervalurile ciclice de excitare ale amplificatoarelor, curenți nu trec din cauza inductanței foarte mari a înfășurărilor de curent alternativ, iar în intervalele de debitare o ramură de redresori este totdeauna blocată. Condensatorii prezintă o rezistență importantă la trecerea curenților induși fiind de capacitate relativ mică. Ei servesc drept cale de trecere pentru curenții alternativi de frecvență superioară. Curentul rezultant indus în circuitul înfășurărilor de inductanță l_{11} poate fi neglijat dat fiind valoarea mare a rezistențelor r_1 și r_n.

În ipotezele specificate mai sus se poate scrie următoarea ecuație :

$$\frac{i_{22}(s)}{e_a(s)} = \frac{1}{R_2 + s(l_{21} + l_{23} + l_{22})} \quad (9)$$

unde i_{22} este variația curentului corespunzător din circuitul 2.

Urmează acum să se scrie ecuațiile corespunzătoare variației de tensiune la ieșirea preamplificatorului notată e_p. Se mențin acele ipoteze simplificatoare de mai sus care sînt aplicabile și în acest caz. Rezultă :

$$e_p(s) = r_4 i_4(s) + \frac{1}{C_a s} i_c(s) \quad (10)$$

$$\frac{1}{C_a s} i_c(s) = r_3 i_{31}(s) + s(l_{34} + l_{31}) i_{31}(s) + m_{23} s i_{23}(s) \quad (11)$$

$$0 = m_{23} s i_{31}(s) + sL_2 i_{23}(s) + R_2 i_{23}(s) \quad (12)$$

$$i_4(s) = i_c(s) + i_{31}(s). \quad (13)$$

Din ecuațiile de mai sus se deduc rapoartele care interesează pentru stabilirea legăturii între semnalele de comandă și mărimile rezultate adică rapoartele $i_{31}(s)/e_p(s)$ și $i_{23}(s)/e_p(s)$. Expresiile simplificate ale acestor rapoarte sînt :

$$\frac{i_{31}(s)}{e_p(s)} = \frac{R_2 + sL_2}{[R_3 + s(l_{34} + l_{31})](R_2 + sL_2) - m_{23}^2 s^2} \quad (14)$$

$$\frac{i_{23}(s)}{e_p(s)} = \frac{m_{23} s}{[R_3 + s(l_{34} + l_{31})](R_2 + sL_2) - m_{23}^2 s^2} \cdot \quad (15)$$

S-a notat $R_3 = r_4 + r_3$. Relația (15) arată ca o funcție de transfer a unui element derivativ ceea ce era de așteptat dat fiind că acțiunea curentului $i_{23}(s)$ este de a stabiliza sistemul prin reacția negativă elastică, pe care o introduce pe ambele amplificatoare dar în special pe preamplificator.

Înfășurarea de polarizare a amplificatorului final A_3E_3 (fig. 1) indicată în fig. 4 prin inductanța l_{33} nu este străbătută practic de curenți induși la o variație e_p din cauza redresorului S_4. Dat fiind că tensiunea de ieșire din alternator variază foarte puțin, această înfășurare aduce o reacție negativă foarte slabă al cărui efect dinamic poate fi neglijat. Dimensionarea acestui circuit se face numai pe considerente impuse de regimurile staționare de funcționare în gol și cu sarcină, avînd în vedere curentul pe care trebuie să-l primească excitația alternatorului în cele două situații.

Urmează să se stabilească relațiile de legătură între variația de tensiune (u_r) la ieșirea din redresorul S_3 și curenții pe care îi provoacă. Capacitatea condensatorului C_a este relativ mică pentru curenții induși, încît se poate scrie :

$$u_r(s) = r_5 i_{32}(s) + s(l_{35} + l_{32}) i_{32}(s) + m'_{23} s i'_{23} \quad (16)$$

$$0 = m'_{23} s i_{32}(s) + sL_2 i'_{23}(s) + R_2 i'_{23}. \quad (17)$$

S-a notat m'_{23} și i'_{23} cu accente pentru a se ține seama că s-a schimbat circuitul inductor Rezultă :

$$\frac{i_{32}(s)}{u_r(s)} = \frac{R_2 + sL_2}{[(r_5 + s(l_{35} + l_{32})](R_2 + sL_2) - m'_{23} s^2} \cdot \quad (18)$$

Aceasta este expresia curentului de compundaj în funcție de variația tensiunei de ieșire din redresorul S_3.

La ecuațiile de mai sus mai trebuesc adăugate relațiile care exprimă proporționalitatea dintre variația amperspirelor și variația tensiunilor de ieșire din amplificatoare :

$$k_p[-n_1 i_{11} + n_2(i_{22} + i_{23})] = e_p \quad (19)$$

$$k_a[N_1 i_{31} - N_2(i_{22} + i_{23}) + N_3 i_{32}] = e_a. \quad (20)$$

S-a notat cu n şi N numărul de spire al înfăşurărilor preamplificatorului respectiv amplificatorului, indicele indică numărul de ordine. Pentru ca sistemul de ecuaţii să fie complet mai trebuiesc adăugate următoarele relaţii dintre mărimi :

$$\frac{e_g}{e_a} = \frac{k_g}{r_g + sl_g} \tag{21}$$

$$e_g = u_B + Z_{g\sim}\, i_s \tag{22}$$

$$u_B = K u_d \tag{23}$$

$$K_1\, i_s = u_r. \tag{24}$$

S-a notat cu e_g, u_B, r_g, l_g, Z_g variaţia tensiunii interne, la borne, rezistenţa, inductanţa rotorului şi impedanţa constantă la 50 Hz al alternatorului, i_s variaţia curentului de sarcină, k_g, K, K_1, constante.

Ecuaţiile (8, 9, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24) stabilite mai sus, descriu funcţionarea dinamică a reglajului. Pentru determinarea unora dintre parametrii constanţi care intervin în ecuaţii este necesar să se recurgă la relaţii ce decurg din condiţiile regimurilor staţionare de mers în gol şi cu sarcină nominală. Unii parametrii sînt determinaţi de construcţia şi proprietăţile elementelor utilizate. Inductanţele l_{21}, l_{23} şi rezistenţa R_2 sînt determinate de condiţii constructive şi verificate prin analiza calităţii sistemului de reglare. Aceasta se poate face prin metode algebrice pe baza sistemului de ecuaţii de mai sus.

Pentru utilizarea metodelor logaritmice de frecvenţă se pot transcrie ecuaţiile de bază sub o formă mai raţională. (S-a menţinut numerotarea ecuaţiilor)

$$\frac{i_{11}(s)}{u_d(s)} = \frac{-g}{(1 + sT_{1_l})(1 + sT_{1_n})} \tag{8}$$

$$\frac{i_{22}(s)}{e_a(s)} = \frac{1}{R_2(1 + sT_2)} \tag{9}$$

$$\frac{i_{31}(s)}{e_p(s)} = \frac{A(1 + sT_{2l})}{(1 + sT_x)(1 + sT_y)} \tag{14}$$

$$\frac{i_{23}(s)}{e_p(s)} = \frac{sTz}{(1 + sT_x)(1 + sT_y)} \tag{15}$$

$$\frac{i_{32}(s)}{u_r(s)} = \frac{B(1 + sT_{2l})}{(1 + sT_w)(1 + sT_u)} \tag{18}$$

$$\frac{e_g(s)}{e_a(s)} = \frac{C}{(1 + sT_g)} \tag{21}$$

Constantele introduse în ecuaţiile de mai sus sînt determinate prin calcul din ecuaţiile de bază cu acelaş număr de ordine.

Din ecuaţiile (22), (23), şi (24) rezultă :

$$\frac{u_B(s)}{e_g(s)} = \frac{Z_{s\sim}}{Z_{s\sim} + Z_{g\sim}} = D \tag{25}$$

$$\frac{u_d(s)}{u_B(s)} = \frac{1}{K} = E\,\frac{u_{\sim}(s)}{u_B(s)} = \frac{K}{Z_{s\sim}} = F \tag{26}$$

unde D, E, F sînt constante.

Pe baza relaţiilor de mai sus şi a relaţiilor (19) şi (20) s-a întocmit schema bloc din fig. 5.

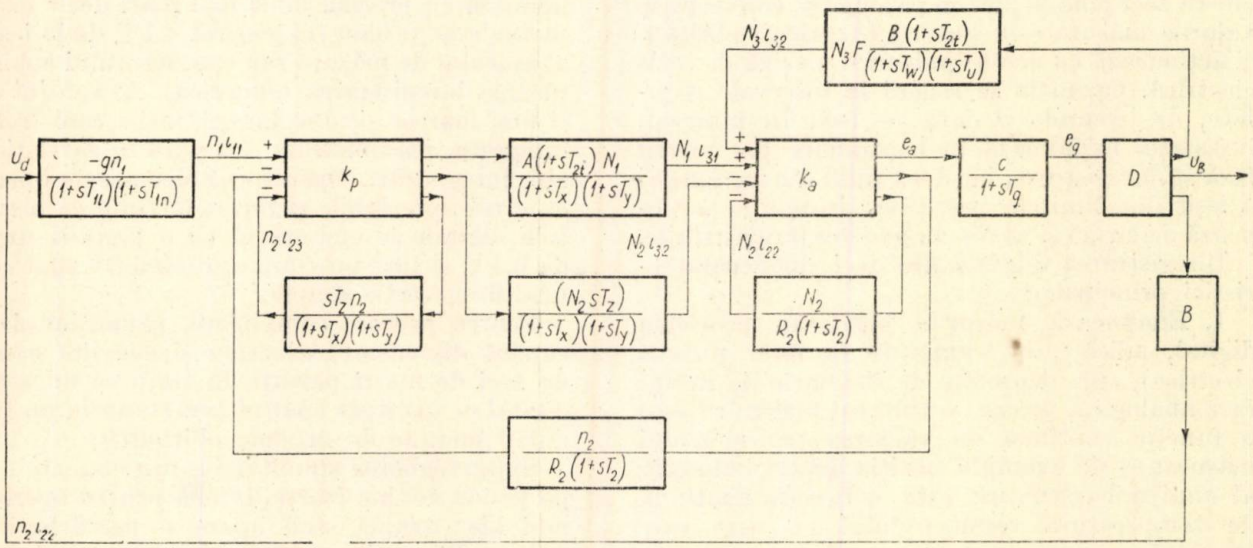


Fig. 5. Schema bloc.

Această schemă poate fi tratată prin metodele cunoscute din teoria reglajului automat pentru a se constata calitatea sistemului.

Singura greutate în aplicarea metodelor logaritmice de calcul o constituie reacţia de la e_p la $N_2 i_{23}$ al cărui efect se scade din mărimea directă de acţiune. Trebuie însă să se remarce că amperspirele $N_2 i_{23}$ sînt foarte mici în raport cu $N_1 i_{31}$ şi ele pot fi neglijate.

Dacă totuşi este necesar, mărimea care acţionează asupra elementului k_a se poate aduce la o formă calculabilă grafico-analitic prin diagrama

lui Nichols refăcută pentru reacţii pozitive. [3]

$$\frac{A(1+sT_{2t})N_1 - N_2 sT_z}{(1+sT_x)(1+sT_y)} = \frac{1}{\dfrac{(1+sT_x)(1+sT_y)}{A(1+sT_{2t})} - \dfrac{N_2 sT_z}{A(1+sT_{2t})}}$$

Reacţia pozitivă corespunzătoare curentului i_{32} se calculează precum se arată în lucrarea [4] Restul calculelor necesare determinările numerice, decurg după metode cunoscute.

BIBILOGRAFIE

[1] DAMSKER, D. şi colectiv: *Sistem de comandă şi automatizare a tracţiunii diesel-electrice.* Memoriul la brevetul de invenţie înregistrat la OSI.

[2] VALVO: *NTC — und DVR Widerstände,* Prospect.

[3] DAMSKER, D.: *Automatizări cu maşini electrice cuprinzînd reacţii pozitive, calculate prin metoda frecvenţelor.* Studii şi cercetări de energetică, anul VI (1956) nr. 4 (oct. — dec.).

[4] CHESTNUT, H., MAYER, R.W.: *Servomechanisms and regulating system design.* vol. I John Willey & Sons, New-York, 1951, p. 375—376.

VALENTIN CONSTANTINESCU*)

Instalaţii digitale de control centralizat

CZ 681.142:681.17.087

Instalaţiile de înregistrare digitală (numerică) a datelor au apărut în industrie în ultimii trei ani şi sînt utilizate în supravegherea automată a proceselor tehnologice complexe. Modul lor de lucru este următorul: Instalaţia măsoară foarte repede (1 s — 1 ms) succesiv fiecare din cei cîteva zeci pînă la 300 de parametri, converteşte valorile măsurate în pulsuri electrice codificate şi acţionează cu aceste pulsuri o maşină de scris electrică. Operaţia se repetă la intervale regulate, de exemplu o dată pe oră. În interval, instalaţia explorează în continuare parametrii fără să înregistreze, iar dacă unul din parametri a ieşit din limitele prescrise, instalaţia acţionează o alarmă şi îşi repetă mai des înregistrările.

Înregistrarea digitală are deci două caracteristici principale:

1. Efectuează măsurile printr-un procedeu digital, adică prin numărare (a unor pulsuri electrice), spre deosebire de sistemele de măsurare analogică, în care rezultatul măsurării este o funcţie continuă de valoarea parametrului măsurat — de exemplu poziţia acului indicator al unui milivoltmetru este o funcţie continuă de temperatura termocuplului cu care este conectat.

2. Realizează automatizarea controlului centralizat, întrucît elimină necesitatea ca omul să efectueze operaţiile de urmărire şi citire a indicaţiilor instrumentelor şi de transcriere a lor în registrul de exploatare.

Ca urmare, înregistrarea digitală are unele avantaje faţă de instalaţiile de control centralizat clasice, neautomatizate. Astfel, la acestea din urmă, operatorul nu citeşte totdeauna la timp şi fără eroare aparatele de măsură. Durata unei lecturi şi transcrieri în registru este de 5—15 s, ceea ce în anumite procese poate fi prea mult şi în orice caz exclude simultaneitatea lecturilor. Precizia citirilor poate fi înrăutăţită de factori subiectivi (atenţia, corectitudinea, acuitatea operatorului). Înregistratoarele digitale elimină aceste erori personale şi în plus lucrează cu precizii mult mai mari decît instrumentele de tablou (în general 0,1% de la ieşirea aparatului de măsură sau traductorului analogic pînă la înregistrarea numerică). Avantajul este şi mai marcat pentru înregistrările care trebuie integrate, planimetrate sau puse în corelaţie cu alte înregistrări. Operatorul face aceste operaţii cu erori apreciabile şi încet, în timp ce instalaţiile digitale le efectuează cu o precizie uzuală de 0,5% şi într-un timp aproximativ egal cu al unei înregistrări simple.

Pentru procese complicate, panourile clasice capătă dimensiuni excesive şi necesită camere de zeci de metri pătraţi, în timp ce un sistem digital ocupă doar spaţiul pentru un birou şi un dulap metalic de mărime obişnuită.

Supravegherea simultană a instrumentelor de pe panou devine foarte dificilă pentru operator, mai ales atunci cînd apare o perturbaţie în proces. Panourile grafice cu schema instalaţiei tehnologice trasată pe ele şi cu aparate miniaturizate ameliorează numai într-o oarecare măsură acest neajuns. Din contră, înregistratoarele digitale înregistrează chiar mai des datele în perioada de funcţionare anormală ceea ce permite să se constate pe moment sau ulterior cauzele anomaliilor şi evoluţia lor. În plus, înregistrările pot fi făcute şi pe cartele perforate, utilizate apoi în maşini de calcul sau contabile, care ţin evidenţa consumurilor de materiale, a producţiei etc.

Instalaţiile digitale nu necesită o întreţinere mai dificilă decît cea a unui sistem clasic. Datorită măsurilor de simplificare a întreţinerii

* Ing. V. CONSTANTINESCU este şef de laborator la Institutul de cercetări electrotehnice.

(construcţia în subansamble montate în casete interschimbabile), una din cele mai mari instalaţii, dată recent în funcţiune, a putut fi construită pentru a lucra 99,9% din timp fără întrerupere accidentală.

Toate aceste avantaje ale înregistratoarelor digitale se obţin însă în schimbul unui cost mai ridicat şi a unei complexităţi constructive care fac ca azi aceste instalaţii să nu fie economic

Un selector pas cu pas, similar cu cei telefonici, are un rînd de contacte conectate la traductori şi îi explorează succesiv în ritmul comandat de un programator. Celelalte rînduri de contacte sînt folosite pentru circuitele de alarmă şi pentru comandarea altor compartimente ale instalaţiei. Selectorul poate avea o viteză de 200 paşi/secundă şi 100 sau 200 paşi într-o cursă completă.

Programatorul, care constă în principal din-

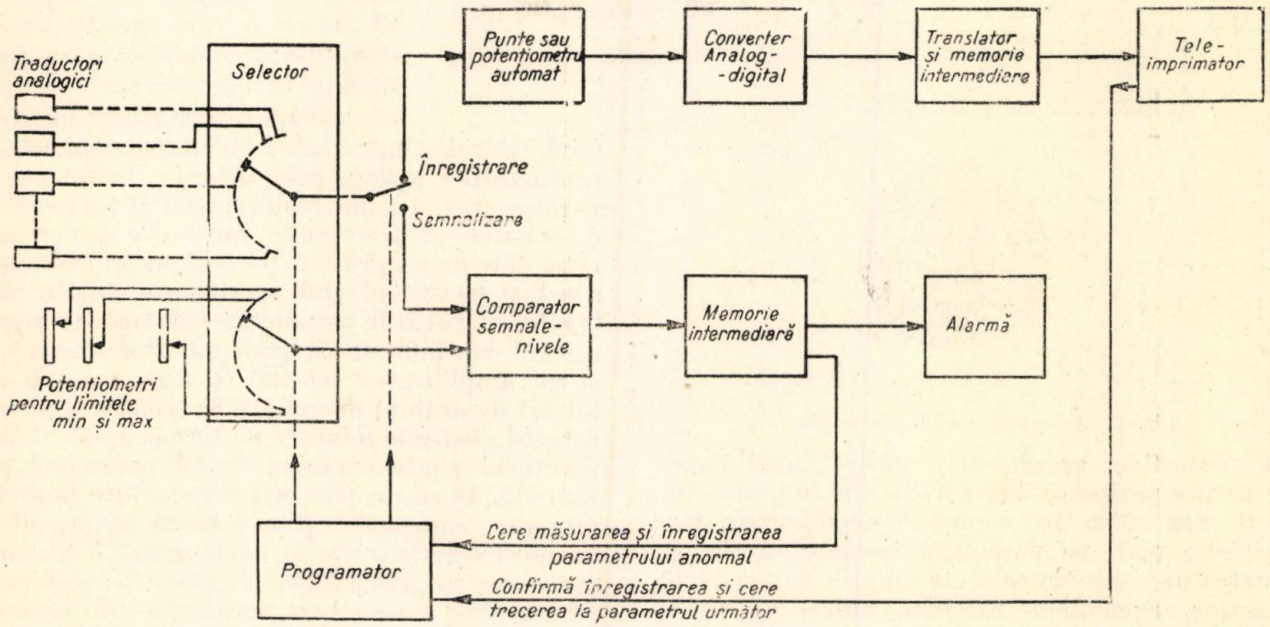


Fig. 1. Schema şi modul de lucru al unui înregistrator digital de interes industrial.

preferate celor clasice decît în cazuri speciale. Este însă sigur că în foarte scurt timp ameliorările constructive şi mai ales trecerea la fabricaţia de serie vor face ca aceste piedici să dispară.

Funcţionarea şi componentele instalaţiei

Înregistratoarele digitale sînt produse încă de pe acum într-o varietate destul de mare de tipuri, unele proiectate pentru utilizări generale industriale, altele numai ca unicate, pentru echiparea de exemplu a unor instalaţii de cercetare specială. Cele care au perspectiva de a fi aplicate în viitor pe o scară destul de largă în ţara noastră şi deci de care ne vom ocupa în primul rînd sînt instalaţiile de utilizare industrială. Acestea înregistrează fiecare parametru în circa 1 s, au o capacitate de 50 — 300 parametri şi o eroare de 0,5 — 0,2% (plus eroarea traductorului). Componenţa şi modul de lucru al unei astfel de instalaţii sînt următoarele (v. fig. 1) :

Traductorii de presiune, debit, temperatură, *p*H etc. de tip obişnuit transmit în mod continuu, de la punctele de măsură la instalaţia centrală, o mărime electrică proporţională cu parametrul măsurat.

tr-un grup de relee, comandă şi un comutator care conectează instalaţia sau pe „înregistrare" sau pe „semnalizare". Vom examina mai întîi circuitul de înregistrare.

Selectorul trimite succesiv semnalele primite de la traductori la un compensator automat electronic — o punte sau un potenţiometru de tipurile uzuale. În general sînt necesare aparate de 10 mV semnal maxim şi circa 1 s timp de echilibrare. Clasa lor de precizie pentru indicare sau înregistrare este 1,5—0,25, însă sensibilitatea ce li se cere în instalaţiile digitale este de ordinul a 10 μV. Puntea automată este necesară pentru traductorii de tip potenţiometric sau rezistiv (pentru presiuni, nivele, debite etc.), iar potenţiometrul automat pentru traductorii care dezvoltă f.e.m. — de exemplu termocuplele. Dacă traductorii sînt neliniari (cazul termocuplelor), este necesar ca ieşirea compensatorului să fie linearizată cu rezistenţe adiţionale legate la prize ale reostatului său de echilibrare.

La ieşirea punţii şi potenţiometrului automat este cuplat un converter analog - digital. Acesta este un dispozitiv care transformă mărimea analogică — tensiunea electrică sau poziţia axului — într-un grup de pulsuri. Spre deosebire de restul elementelor, care sînt mai mult sau mai puţin cunoscute dinainte, converterii analog-digitali

sînt componente create şi dezvoltate special pentru acest gen de instalaţii. Un tip folosit uzual este cel care are ca mărime de intrare poziţia axului compensatorului. Solidar cu axul mobil se roteşte un disc cu o faţă izolantă pe care sînt fixate 10 straturi concentrice de segmente conductoare (fig. 2, *a*). Pe disc calcă

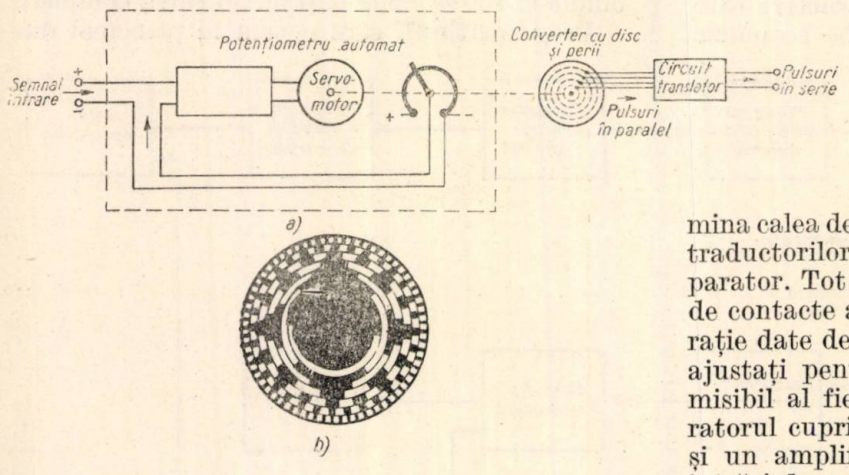


Fig. 2. Convertirea funcţie de poziţie

10 perii fixe, aşezate de-a lungul unei raze. Pentru o poziţie oarecare a discului, o parte din perii vor călca pe segmente conductoare iar celelalte perii pe porţiunile izolante. Aplicînd pentru un timp foarte scurt un puls de tensiune tuturor segmentelor discului, pulsul va trece mai departe numai în circuitele periilor care calcă pe segmente. Rezultă o combinaţie de pulsuri transmise simultan (în paralel) prin perii, care reprezintă într-un cod de numeraţie binară mărimea convertită.

Cele 10 straturi de segmente asigură un număr de $2^{10} = 1\,024$ combinaţii posibile, deci precizia convertirii poziţiei axului este de $\frac{1}{1\,024} \simeq 0{,}1\%$. Viteza de lucru a acestei categorii de converteri este limitată la circa 10 conversii/secundă, ceea ce este suficient pentru instalaţia descrisă.

Pulsurile convertorului trebuie să acţioneze o maşină de scris electrică de tip teleimprimator care tipăreşte valorile măsurate ale parametrilor. Pentru aceasta pulsurile sînt traduse de un circuit translator cu matrice de diode cu relee, în codul în care lucrează maşina de scris. Rezultatul măsurării este înmulţit cu factorul de scală adecvat parametrului respectiv. Pînă ce maşina de scris a fost pregătită la linia şi coloana corectă, pulsurile codificate sînt reţinute într-o memorie de scurtă durată şi apoi sînt trimise să acţioneze teleimprimatorul. Totodată la programator este trimis un semnal care determină trecerea selectorului la traductorul următor şi golirea memoriei intermediare — şi, dacă este cazul, comutarea de la potenţiometru la puntea automată sau invers.

Maşinile de scris utilizate lucrează pe principiul teleimprimatorului, însă sînt de o construcţie modificată. Lucrează cu viteze de ordinul a 20 caractere pe secundă şi au o lăţime a carului pînă la 75 cm. Instalaţia lucrează în mod similar cînd înregistrarea se face pe bandă magnetică sau pe cartele perforate — desigur însă cu aparatul final de înregistrare respectiv.

Instalaţia este prevăzută cu un circuit de verificare automată. La începutul fiecărui ciclu de înregistrare, se introduce la intrare o tensiune de referinţă care măsurată şi digitalizată trebuie să corespundă unui număr prestabilit. După circuitul de înregistrare vom examina calea de semnalizare a instalaţiei. Semnalele traductorilor ajung, prin selector, la un comparator. Tot aici sînt trimise, prin al doilea rînd de contacte al selectorului, tensiunile de comparaţie date de un grup de potenţiometri care sînt ajustaţi pentru nivelul maxim sau minim admisibil al fiecărui parametru măsurat. Comparatorul cuprinde un chopper-vibrator electronic şi un amplificator sensibil la fază, sensibil la intrări de ordinul microvoltilor (pentru a putea detecta abaterile indicate de termocuple). Comparatorul poate examina 5—10 parametri pe secundă. Dacă un parametru depăşeşte limitele prescrise, comparatorul acţionează asupra unei memorii intermediare şi declanşează o alarmă optică sau acustică. Memoria identifică şi reţine parametrul anormal şi transmite un semnal circuitului de programare. Programatorul comandă ca acel parametru să fie măsurat şi înregistrat (de obicei cu cifre roşii) la intervale mai scurte, prestabilite, de exemplu din 5 în 5 minute. Circuitul de semnalizare este şi el prevăzut cu un sistem de verificare automată.

În afară de circuitele de bază descrise, înregistratoarele digitale sînt prevăzute cînd este cazul cu circuite de înmulţire a doi parametri (de ex. pentru corecţii de presiune sau temperatură), cu circuite de extragere a rădăcinii pătrate (pentru indicarea debitului cînd se măsoară presiunea diferenţială), cu dispozitive de integrare a debitelor etc.

Instalaţiile descrise, cu o capacitate pînă la 300 parametri şi o viteză de înregistrare de circa 1 parametru/secundă explorează fiecare parametru cel puţin o dată la $3\frac{1}{2}$ min sau altfel spus necesită un interval de max. $3\frac{1}{2}$ min între măsurarea a doi parametri diferiţi. Aceste performanţe sînt sensibil superioare celor ale sistemelor analogice de control centralizat şi sînt satisfăcătoare pentru marea majoritate a proceselor industriale.

Instalaţii rapide

Pentru procesele în care diverşii parametri trebuie măsuraţi aproape simultan sau în care măsurările trebuie repetate la intervale foarte

scurte — de exemplu în încercările în tunele aerodinamice — se folosesc pentru înregistrarea

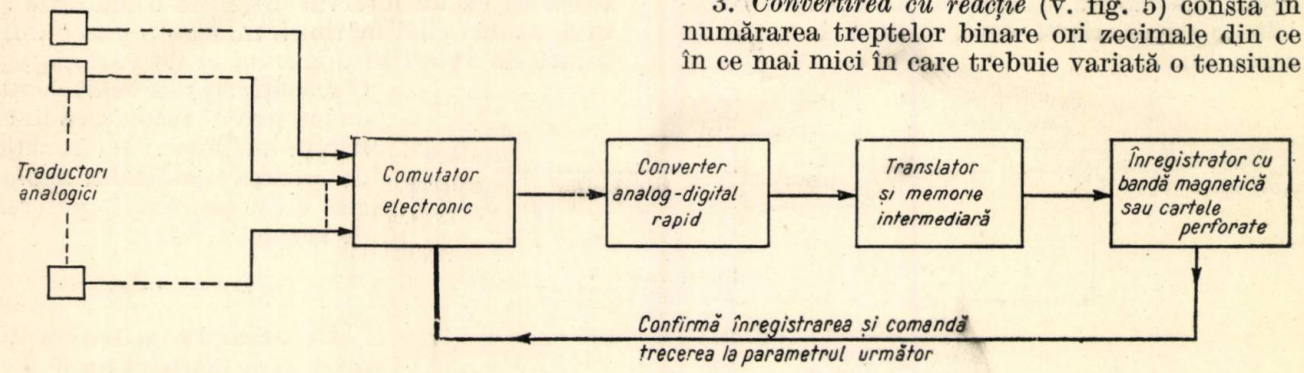


Fig. 3. Schemă pentru instalaţii rapide.

digitală alte tipuri de componente, cu care se reduce timpul dintre două măsurări succesive la 1 ms, sau chiar mai puţin. La viteze atît de mari, componentele electromecanice : selector, compensator automat, teleimprimator, programator cu relee nu pot lucra şi trebuie eliminate, iar circuitul de semnalizare nu mai este util. Schema de bază a instalaţiei folosite în acest caz cuprinde (v. fig. 3) :

Traductorii analogici + comutator electronic + converter analog-digital rapid + translator (eventual) şi memorie intermediară + dispozitivul de înregistrare cu bandă magnetică sau cu cartele perforate sau cu film fotografic.

Ca şi înregistratoarele „lente", converterul analog-digital este şi aici elementul cel mai caracteristic al instalaţiei.

Sînt trei principii pe baza cărora se construiesc numeroasele tipuri de converteri actuale :

1. *Convertirea în funcţie de poziţie.* A fost descris mai sus converterul cu disc şi perii, care are o viteză mică de conversie. Dacă însă se utilizează numai componente electronice, înlocuindu-se discul cu un ecran de tub catodic pe care sînt făcute să apară dungi luminate şi întunecate, citite cu fotocelule, atunci viteza dispozitivului se poate ridica pînă la cîteva milioane de conversii / secundă.

2. *Convertirea în funcţie de timp* (v. fig. 4) constă în măsurarea digitală (prin numărarea de pulsuri) a unui interval de timp proporţional cu valoarea mărimii analogice de la intrare.

S-a ajuns actualmente la o viteză maximă de 10 000 conversii/s, cu o precizie de 0,1%.

3. *Convertirea cu reacţie* (v. fig. 5) constă în numărarea treptelor binare ori zecimale din ce în ce mai mici în care trebuie variată o tensiune de comparaţie pînă ce ajunge egală cu tensiunea analogică de convertit. Performanţa maximă

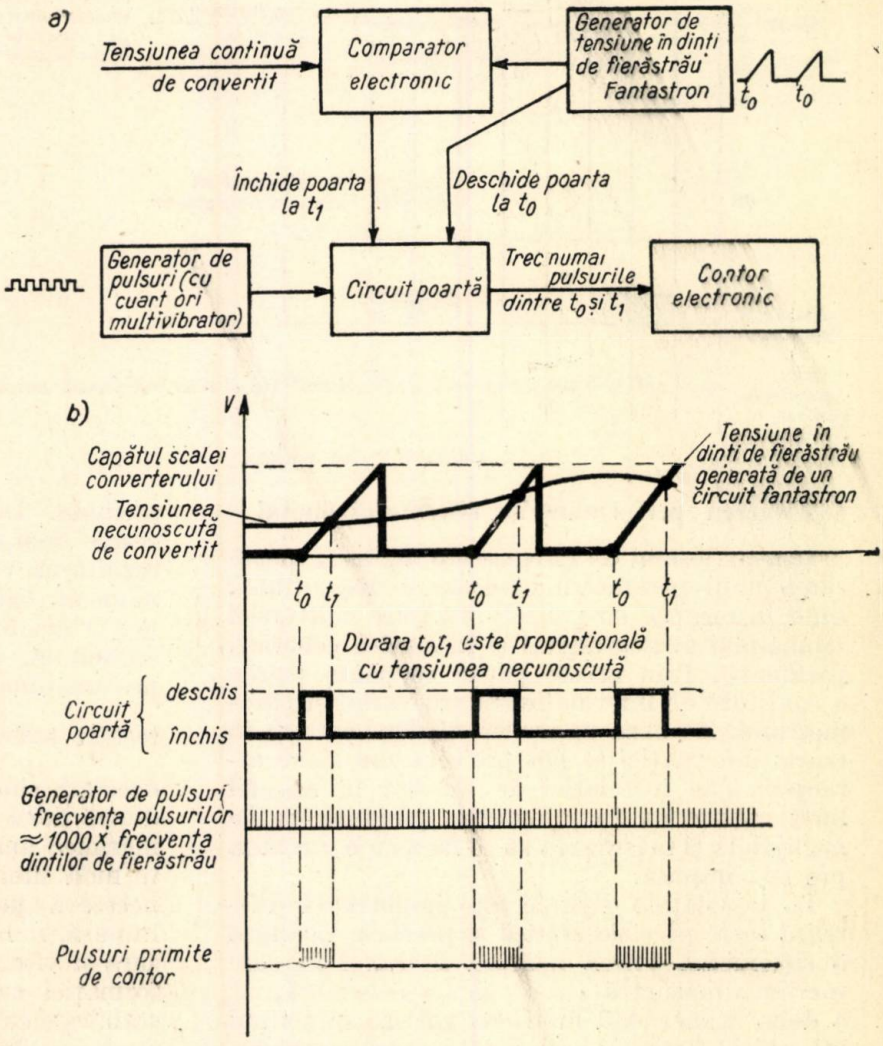


Fig. 4. Convertirea funcţie de timp.

actuală a sistemului este de circa 200 000 conversii/s, cu o precizie de 0,1%.

Pe unul sau altul dintre aceste trei principii — convertire de poziţie, de durată sau cu reacţie —

se construiesc actualmente un mare număr de tipuri comerciale de converteri, fără ca pînă acum unul dintre principii să aibă asupra celorlalte o superioritate care să ducă la generalizarea lui.

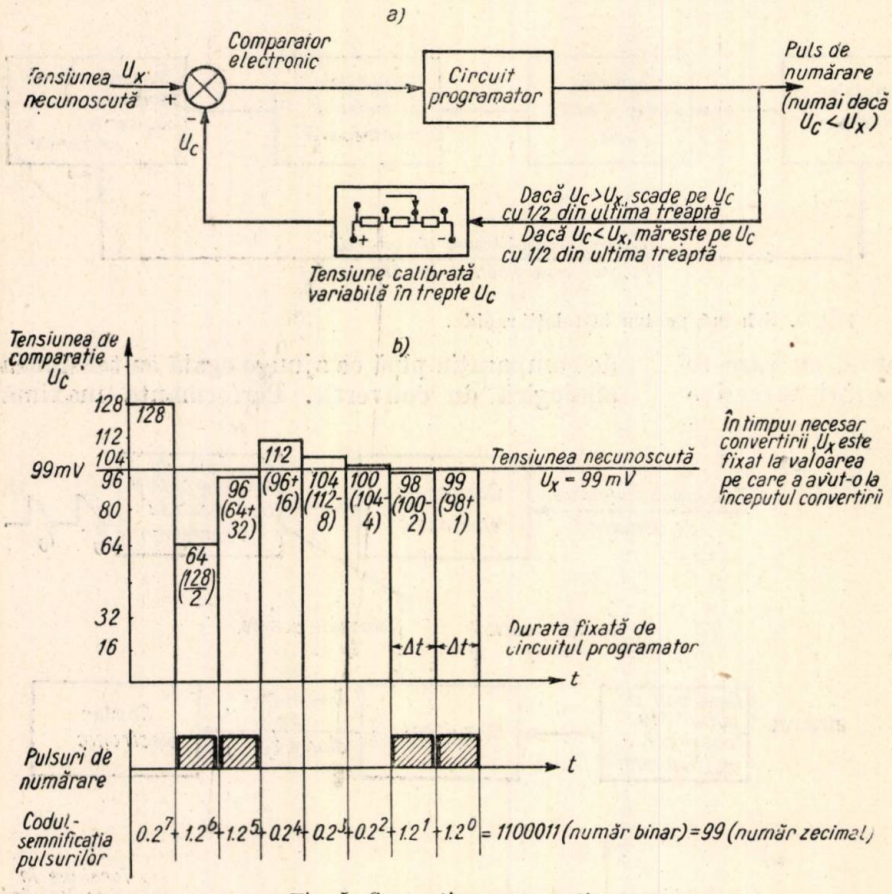


Fig. 5. Convertirea cu reacție.

Alegerea performanțelor sistemului digital

Într-un sistem de înregistrare digitală, măsurarea unui parametru oarecare e discontinuă, fiind întreruptă de pauzele necesare conversiei semnalului analog-digital și măsurării celorlalți parametri. Prin aceste pauze se poate pierde o cantitate de informație asupra variației parametrului. Pe baza unor criterii demonstrate în teoria informației se pot proiecta sau alege caracteristicile instalației de măsură în așa fel încît cantitatea de informație pierdută să fie neglijabilă și măsurarea să se facă cu o anumită precizie impusă.

La instalațiile digitale este importantă diferența între precizia statică și precizia dinamică a sistemului, prima apărînd în cazul în care mărimea măsurată are o valoare constantă, iar a doua atunci cînd mărimea variază în timpul măsurării. Definiția preciziei din cazul sistemelor analogice neputînd fi aplicată direct celor digitale, trebuie găsită echivalența între cele două sisteme.

Pentru stabilirea preciziei statice se consideră proprietatea unui sistem digital de a cuantifica mărimea măsurată, de a măsura numai în trepte, adică de a da numai un număr finit de indicații discrete, cu un interval Δy între o indicație și alta, atunci cînd mărimea măsurată y ia o infinitate de valori în domeniul ei de variație y_m. O treaptă Δy este echivalentă cu puterea de rezoluție a unui sistem analogic. În funcție de eroarea aparatului analogic ε (în procente), puterea de rezoluție este

$$\Delta y = 2\,\varepsilon\, y_m.$$

De exemplu un sistem digital care măsoară un domeniu de temperatură de 100°C în trepte $\Delta y = 1$°C are aceeași putere de rezoluție ca și un aparat analogic cu eroare de $\varepsilon = 0{,}5\%$, deci se consideră că sistemul digital are o precizie statică de 0,5%. Numărul de trepte ale sistemului digital va trebui să fie :

$$n = \frac{y_m}{y} + 1 = 101.$$

Precizia dinamică este precizia măsurării unei mărimi variabile în timp. Să presupunem de exemplu că temperatura de mai sus poate varia cu o viteză mai mică sau egală cu 5°C/s în domeniul ei de 100°C și că măsurăm valoarea ei o dată pe secundă. Deoarece între două măsurări succesive temperatura a putut varia cu ± 5°C, rezultă că vom cunoaște această valoare la un moment oarecare cu o precizie dinamică de ± 5°C sau 5%, indiferent de precizia statică a sistemului. Pentru a efectua măsurarea cu o precizie dinamică de 1%, intervalul dintre două testări trebuie redus la $\frac{1}{5} = 0{,}2$ s, deci sînt necesare cinci testări pe secundă. În cele 0,2 s dintre două testări, trebuie să se convertească mărimea analogică respectivă și să se măsoare în mod similar și ceilalți parametri. Relația — necesară pentru proiectare — dintre precizia impusă, numărul de parametri care se pot măsura și viteza necesară pentru transmiterea informației sub formă de pulsuri codificate se stabilește cu ajutorul teoriei informației. În particular pentru frecvența de testare a parametrilor, cunoscînd timpul de ridicare al unui parametru sau, ceea ce este echivalent, frecvențele rezultate din descompunerea Fourier a curbei de variație a acelui parametru, se demonstrează că frecvența de repetare a testărilor trebuie să

fie egală sau mai mare decît dublul celei mai înalte frecvenţe din descompunerea Fourier, pentru ca măsurarea prin testare să se facă fără pierdere de informaţie.

Condiţii economice. Perspective de introducere în industrie

Cunoscînd acum structura şi caracteristicile tehnice mai importante ale înregistratoarelor digitale, se pot aprecia condiţiile în care este justificată economic utilizarea lor. Pentru controlul centralizat automat al proceselor tehnologice industriale, instalaţiile digitale costă azi cu cca. 30% mai mult ca investiţie faţă de instalaţiile clasice. Din această cauză ele sînt preferate deocamdată numai în cazurile în care parametrii trebuie cunoscuţi cu precizie mare sau trebuie supraveghiaţi permanent sau la intervale foarte scurte, şi în cazurile în care este avantajos ca datele să fie centralizate şi prelucrate rapid, pentru ca personalul de conducere al fabricii să dirijeze pe baza lor producţia.

În ţara noastră, în această situaţie sînt azi fabricile de proporţiile şi nivelul tehnic al rafinăriilor, dar numai un studiu tehnico-economic pentru fiecare caz în parte poate arăta dacă soluţia digitală este cea mai indicată în cazul respectiv. De asemenea s-ar putea ca în unele sisteme de telemăsură şi telesemnalizare în reţele energetice sau de transport de gaze şi petrol să fie mai convenabile instalaţiile digitale, din următorul motiv : Aceste instalaţii au aproximativ aceeaşi structură şi deci acelaşi cost fie că lucrează pentru distanţe mari, fie că lucrează într-o fabrică instalată pe un spaţiu restrîns. Pe de altă parte, pentru sistemele clasice telemăsurarea măreşte sensibil costul instalaţiei, deoarece la aparatajul de măsură şi înregistrare obişnuit se adaugă echipamentul de transmisie şi recepţie electronic. Este posibil ca în unele cazuri o instalaţie clasică să devină astfel mai scumpă decît una digitală.

Pentru o utilizare mai largă, la noi ca şi în străinătate, instalaţiile digitale vor fi probabil avantajoase în circa 4—5 ani, atunci cînd diferenţa de cost faţă de aparatajul clasic va dispare datorită tipizării componentelor şi fabricării în serie.

*

Instalaţiile de înregistrare digitală fac parte din categoria sistemelor de automatizare digitală, a căror introducere în industrie este încă la început. În aceeaşi categorie intră utilizarea traductorilor şi a regulatorilor digitali şi încorporarea maşinilor de calcul în dispozitivele de automatizare. Pentru studierea şi proiectarea sistemelor de acest fel a fost dezvoltat un capitol special al teoriei reglării automate — sisteme de reglare cu testare sau discrete.

BIBLIOGRAFIE

[1] KLEIN, M., WILLIAMS, F. şi MORGAN, H.: *Digital Automation*. Serie de articole în Instruments and Automation, Oct. 1955—Dec. 1957.
[2] QUERVAIN, A. de : *Digitalregler*. ETZ, ed. A, 1 Ian. 1957, p. 772—775.
[3] WEBER, E.: *Messwerlarbeitung*. ETZ, ed. A, 1 Ian. 1957, p. 775—779.
[4] STEINBERG, M.: *L'enregistrement automatique des mesures phisiques Data Logging*. Mesures et contrôle industriel, Dec. 1957, p. 979—986.
[5] MOURAD, I. M.: *Principes de telescription automatique*. Mesures et contrôle industriel, Nov. 1957, p. 911—914.
[6] ROBERTS, T. W.: *Automatic Logging*. Instruments and Automation, Aug. 1956, p. 1560—1563.
[7] MARMORSTONE, R. J.: *Process data logging systems*. Instruments and Automation, Mai 1956, p. 890—894.
[8] LAWS, C. A.: *Automatic data handling*. The industrial chemist, Aug. 1957.
[9] NIGH, M. T.: *Digital telemetering and print-out of pipeline information*. Electrical Engineering, Martie 1957, p. 216—220.

MIOARA CĂLUȘIȚĂ*)

Elemente rezolvatoare pentru calculatorii analogi electronici de curent continuu

CZ 681.142—523.8

1. Generalități

Necesitatea rezolvării rapide a unor probleme complicate și cu un volum mare de calcule a făcut ca o trăsătură caracteristică a științei și tehnicii contemporane să fie mecanizarea proceselor de studiu și calcul, prin construirea calculatorilor automați.

Cei mai utilizați în proiectarea și verificările inginerești sînt calculatorii analogi. În cîteva articole publicate de revista Automatica și electronica, [1] [2] s-a arătat utilitatea lor în modelarea sistemelor de reglaj automat.

În articolul de față se face o prezentare generală a elementelor rezolvatoare (de calcul) pentru calculatorii analogi electrici și electronici de curent continuu, încercîndu-se să se dea o orientare în tipurile și caracteristicile acestor elemente.

Elementul rezolvator este un sistem care servește la efectuarea unor operații sau realizarea unei funcții, în vederea moderării unui sistem fizic sau unor expresii matematice. Operația este executată de elementul rezolvator asupra mărimilor mașinii, care, la calculatorii electrici și electronici, sînt tensiuni electrice. Pentru a putea conecta diversele elemente rezolvatoare între ele, rezultatul trebuie să fie tot o mărime a mașinii, tensiune electrică. Mărimile mașinii se măsoară cu unitatea mașinii. Acesta reprezintă tensiunea electrică maximă care poate să existe la intrarea sau ieșirea elementelor rezolvatoare în funcționarea normală și este deobicei de 100 V [3].

Elementele rezolvatoare se clasifică după felul operației sau funcției pe care o realizează în :

a) elemente rezolvatoare liniare ;

b) elemente rezolvatoare neliniare (generatoare de funcții).

2. Elementele rezolvatoare liniare

2.1 *Amplificatoarele operaționale*

Amplificatoarele operaționale sînt elemente rezolvatoare electronice liniare care efectuează operațiile de schimbare de semn (inversiune de fază), înmulțire cu o constantă subunitară sau supraunitară, însumare algebrică, integrare, diferențiere și altele. Funcționarea lor se bazează pe proprietatea amplificatoarelor cu mare amplificare și cu reacție negativă puternică de a avea o funcție de transfer care să depindă (în limitele de precizie asigurate) numai de parametrii buclei de reacție. Amplificatorul operațional cuprinde deci amplificatorul propriu zis, care este un amplificator de curent continuu și elementul funcțional (bucla de reacție). Amplificatorul este același pentru toate elementele. Operația efectuată depinde numai de elementul funcțional, care, fiind în bucla de reacție, nu e solicitat să disipe putere și poate fi constituit din piese de mare precizie [1]).

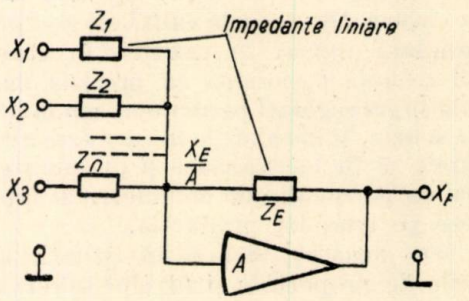


Fig. 1 Schema amplificatorului operațional cu reacție.

În cazul cel mai general, amplificatorul operațional cu reacție este reprezentat prin schema din fig. 1 și este caracterizat de ecuația : [1] [3] [4]

$$X_E(P) = -\left[1 - \frac{1}{1 - A(P)\,\beta(P)}\right] Z_E(P) \left[\frac{X_1(P)}{Z_1(P)} + \frac{X_2(P)}{Z_2(P)} + \ldots\right] \qquad (1)$$

unde

$$\beta(P) = \frac{1}{1 + \frac{Z_E(P)}{Z_1(P)} + \frac{Z_E(P)}{Z_2(P)} + \cdots} \qquad (2)$$

poate fi definit ca un factor de reacție de tensiune generalizat pentru cazul amplificatorului cu mai multe intrări.

Elementul rezolvator se calibrează în ipoteza că este liniar, deci termenul neliniar din formula (1)

$$\frac{1}{1 - A(P)\,\beta(P)} = 0$$

și

$$X_E(P) = -Z_E(P)\left[\frac{X_1(P)}{Z_1(P)} + \frac{X_2(P)}{Z_2(P)} + \ldots\right] \qquad (3)$$

Se vede că astfel la calibrare se face o eroare sistematică

$$\varepsilon(P) = \frac{1}{1 - A(P)\,\beta(P)} Z_E(P)\left[\frac{X_1(P)}{Z_1(P)} + \frac{X_2(P)}{Z_2(P)} + \ldots\right] \qquad (4)$$

*) Ing. M. CĂLUȘIȚĂ este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

[1]) Nu se prezintă alte tipuri de elemente rezolvatoare electronice liniare deoarece fiind mai specializate pe operații prezintă o flexibilitate mai redusă pentru mașină și se utilizează mai rar.

Această eroare are modul şi fază şi ambele pot fi micşorate mărind amplificarea astfel încît

$$|A(P)\,\beta(P)| \gg 1. \qquad (5)$$

Este raţional să se determine valoarea amplificării în aşa fel încît eroarea sistematică de calibrare dată de formula (4) să fie de ordinul de mărime al erorii introduse de imprecizia elementelor din bucla de reacţie [4].

Banda amplificatorului se determină din condiţia (5) scrisă pentru frecvenţa maximă a semnalului.

Presupunem că $Z_2(P) = \ldots = Z_n(P) = \infty$ sau $X_2(P) = \ldots X_n(P) = 0$ (cazul elementului rezolvator care nu însumează). Atunci operaţia efectuată de elementul rezolvator este determinată de $\frac{Z_E(P)}{Z_1(P)}$ [1] [3] [4] şi formula de calibrare (3) devine :

$$X_E(P) = -\frac{Z_E}{Z_1} X_1. \qquad (3')$$

Eroarea de calibrare dată de formula (4) devine :

$$\varepsilon(P) = \frac{Z_E(P) + Z_1(P)}{Z_E(P) + Z_1(P)\,[1 - A(P)]} \cdot \frac{Z_E(P)}{Z_1(P)} X_1(P). \qquad (6)$$

Pentru exemplificare vom calcula eroarea de calibrare produsă la integrarea unui semnal salt unitar.

La integrator

$$Z_E(P) = \frac{I}{PC} \text{ şi } Z_1(P) = R. \qquad (7)$$

Transformata saltului unitar este :

$$X_1(P) = \frac{I}{P}. \qquad (8)$$

Înlocuind (7) şi (8) în (6)

$$\varepsilon(P) = \frac{1}{P^2\,CR} \cdot \frac{1 + PCR}{1 + PCR(1 - A)} \qquad (9)$$

care se poate scrie şi

$$\varepsilon(P) = \frac{1}{P^2 CR} + \frac{A}{P} - \frac{A}{P + \frac{1}{CR(1-A)}}. \qquad (9)'$$

Luînd funcţia primitivă

$$\varepsilon(\tau) = K\left\{\frac{\tau}{CR} + A\left[1 - e^{-\frac{\tau}{CR(1-A)}}\right]\right\} \qquad (10)$$

şi desvoltînd în serie

$$\varepsilon(\tau) = K\left\{\frac{\tau}{CR} + A\left[1 - 1 + \frac{\tau}{CR(1-A)} - \frac{\tau^2}{CR(1-A)^2} + \ldots\right]\right\} \qquad (10)'$$

Cum $|A| \gg 1$

$$\varepsilon(\tau) \approx -K\frac{\tau^2}{2A(CR)^2}. \qquad (11)$$

Din (11) se vede că eroarea creşte cu timpul maşinii ridicat la patrat. Dacă se impune o anumită eroare, din relaţia (11), rezultă un timp maxim de integrare.

În cazul diferenţiatorului

$$Z_1(P) = \frac{1}{PC} \qquad Z_E(P) = R. \qquad (12)$$

Calculele arată [4] că această reacţie are ca efect şi defazaje nedorite la înaltă frecvenţă. Funcţia de transfer care este de forma KTP favorizează sgomotele. Din aceste cauze, diferenţiatorii au tendinţa să devină nestabili pe înaltă frecvenţă şi nu se recomandă utilizarea lor decît în cazuri speciale şi cu precauţiuni [1] [3].

În calculul arătat nu s-a ţinut seama de efectul rezistenţelor de sarcină şi de pierderi. Sarcina la ieşire duce la micşorarea amplificării şi a impedanţei de eşire iar cea dela intrare apare în paralel cu Z_1. La integrator este importantă rezistenţa care apare în paralel cu Z_E (capacitatea de reacţie) căci duce la o scădere a timpului de integrare.

Pentru micşorarea erorii de calibrare se obişnuieşte să se mărească amplificarea prin reacţii pozitive locale [3] [5]. Există montaje speciale în care eroarea de calibrare poate fi anulată prin reacţii pozitive. În acest caz, trebuie verificată riguros stabilitatea montajului. Pentru semnale mai mari decît unitatea maşinii, amplificatorul propriu zis intră în regim neliniar, amplificarea îi scade şi astfel eroarea de calibrare creşte. Pentru a evita o astfel de funcţionare necorectă, cînd semnalul depăşeşte unitatea maşinii se aprinde un bec de semnalizare.

Amplificatoarele din calculatori prezintă unele particularităţi. Astfel nivelul de referinţă al tensiunii de ieşire trebuie să fie egal cu cel de la intrare (de obicei egal cu zero în raport cu pămîntul), pentru a permite diferitele reacţii şi interconectări dintre elemente. De aci rezultă necesitatea a cel puţin 2 surse de alimentare a etajelor, una pozitivă şi alta negativă.

O altă caracteristică este lunecarea în timp a punctului de funcţionare, fapt care se manifestă prin apariţia derivei. Aceasta este tensiunea nedorită, care apare la ieşirea amplificatoarelor de curent continuu, suprapusă peste semnalul util şi deplasează punctul de zero. Reducerea derivei este problema cea mai discutată privind construcţia amplificatoarelor de curent continuu din calculatori. Mijloacele de scăderea factorilor care produc deriva sînt :

a) Pentru a înlătura efectul variaţiei tensiunilor de alimentare se folosesc surse stabilizate şi uneori se aleg şi montaje speciale de compensarea erorilor produse de varierea tensiunii de alimentare [3] [6].

b) Variaţia valorii rezistenţelor din montaj se micşorează utilizînd rezistenţe de bună calitate şi cu putere de disipaţie mai mare decît cea necesară.

c) Variaţia parametrilor tuburilor este datorită în primul rînd variaţiei emisiei filamentului. Acest efect se micşorează utilizînd circuite de reacţie şi compensare, precum şi verificînd periodic performanţele tuburilor.

d) Curentul de grilă trecînd prin rezistenţa de grilă dă o variaţie a potenţialului dela intrarea primului tub. Această derivă poate introduce erori importante mai ales cînd este integrată în timp. Pentru a micşora curentul de grilă al primului tub se alege punctul de funcţionare la o negativare mare în zona curenţilor de grilă constanţi, tensiunile anodice se aleg scăzute ca să nu producă ionizări, filamentul se subalimentează. Se recomandă folosirea tuburilor care au curenţi de grilă mici ca 6AU7 sau 6H2П.

e) Amplificatoarele operaţionale se prevăd cu un reglaj manual de aducere la zero, care se ajustează la fiecare punere în funcţiune a instalaţiei.

f) Pentru a micşora şi mai mult deriva, se adaogă un montaj de echilibrarea automată (EA). Acesta este un amplificator de curent continuu prin modularea unei frecvenţe purtătoare şi are amplificarea A_1 (fig. 2) [3] [6] [7].

În amplificatorii de c.c. prin modularea unei purtătoare semnalul de c.c. se aplică la un întrerupător sincron (chopper, prerîvateli). Acesta întrerupe şi conectează tensiunea de intrare cu o frecvenţă purtătoare dată $f_p = 10 \div 600$ Hz, astfel încît la ieşirea lui se obţine o tensiune de c.a. cu amplitudinea egală cu semnalul de c.c. Această tensiune alternativă este amplificată, redresată de celălalt contact al aceluiaş întrerupător sincron şi filtrată. Frecvenţa maximă care poate fi amplificată este de 10 ori mai mică decît frecvenţa purtătoare. Schimbarea sem-

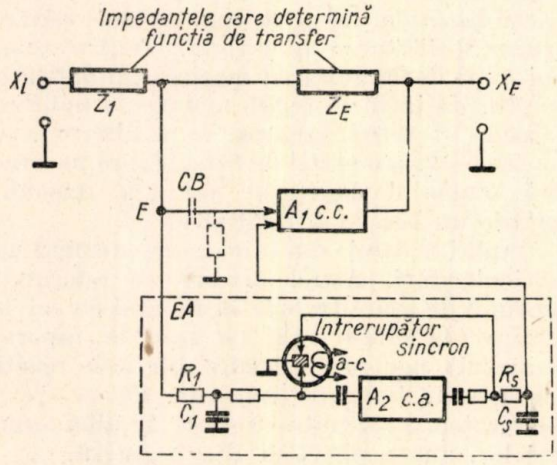


Fig. 2. Montaj de echilibrare automată.

nului semnalului de c.c. echivalează cu defazarea cu 180° a purtătoarei, ceea ce duce la schimbarea semnului tensiunii de ieşire.

Acţiunea montajului de echilibrare automată se analizează în 2 etape prin metoda suprapunerii efectelor.

Se presupune că se aplică la intrare un semnal. Pentru frecvenţe mai joase de 0,1 f_p semnalul este amplificat pe două căi — direct prin amplificatorul A_1 de c.c. şi — prin amplificatorul A_2 în cascadă cu amplificatorul A_1 deci amplificarea pentru frecvenţele sub 0,1 f_p este deci dată de formula :

$$A_{jF} = A_1 + A_1 \cdot A_2 \qquad (13)$$

$$(A_1 < 0 \text{ şi } A_2 > 0 \text{ deci } A_{jF} < 0)$$

Pentru frecvenţe mai mari de 0,1 f_p, amplificatorul A_2 nu amplifică, deci

$$A_2 = 0 \text{ şi } A_{iF} = A_1 < 0. \qquad (14)$$

Ca să se elimine efectul curentului de grilă al primului tub din amplificatorul A_1, se poate pune capacitatea de blocaj C_B, calculată astfel încît să nu atenueze mult semnalul la 0,1 f_p. Atunci

$$A_{jF} = A_1 A_2. \qquad (15)$$

Se vede că efectul montajului de echilibrare este o mărire de A_2 ori a amplificării la frecvenţele mai mici de 0,1 f_p, ceeace echivalează cu o micşorare corespunzătoare a derivei. Este de notat că nu se poate renunţa la amplificatorul A_1, deoarece pentru a obţine banda de amplificare necesară ar trebui o frecvenţă de întrerupere f_p mare (de 10 ori mai mare decît banda cerută), ceea ce nu se poate realiza cu întrerupători mecanici cu viaţă lungă.

Să presupunem că dintr-o cauză oarecare apare un semnal nedorit care se amplifică şi dă o derivă la ieşire. Aceasta prin impedanţa Z_E se transmite la intrare şi încarcă capacitatea C_1 a filtrului trece jos R_1C_1, se amplifică şi se aplică amplificatorului de c.c., acţionînd în sensul micşorării cauzei care a produs-o. Acest control asupra derivei se numeşte control integral.

Viaţa unui întrerupător sincron este de 4 000 ÷ 9 000 ore. Există maşini care utilizează un singur montaj de echilibrare automată care echilibrează pe rînd fiecare amplificator. În tehnică au apărut şi montaje cu întrerupători fotoelectrici [3].

Performanţele obişnuite ale amplificatoarelor pentru calculatori analogi sînt :

$$|A_1| = 30\,000 \div 150\,000$$

$$|A_2| = 2\,000 \div 3\,000.$$

Tensiunea de sgomot la intrare 2 ÷ 10 mV.

Curentul de grilă al primului tub

$$I_g = 10^{-10} \div 10^{-11} \text{ A.}$$

Deriva în opt ore 20 ÷ 200 μV.

Caracteristica de frecvenţă cu o atenuare de 1 db de la 0 la 2 ÷ 5 kHz cu un vîrf la 100 Hz.

Amplitudinea erorii 0,04 ÷ 0,1%.

Decalajul 0,05 ÷ 0,1° la 100 Hz şi semnal de 1 V.

Liniaritatea este asigurată între — 100 şi +100 V (descreşte în jurul a 100 Hz); [3].

Cîteodată, pentru a putea lucra la o putere mai mare (rezistenţa de sarcină mică), se prevede ca în caz excepţional să se poată lucra cu 2 amplificatoare în paralel.

2.2 *Potenţiometrele liniare*

Alte elemente rezolvatoare liniare mult utilizate în calculatorii analogi sînt şi potenţiometrele liniare. Acestea sînt utilizate în calculatorii analogi la înmulţirea mărimii cu o constantă subunitară şi la fixarea factorilor de scară [3]. Reglarea valorii dorite se face cu un disc gradat sau prin comparaţie cu un potenţiometru etalon, calibrat şi cu un instrument de zero.

3. Elementele rezolvatoare neliniare (generatoare de funcţii)

Generatoarele de funcţii sînt elementele rezolvatoare la care ieşirea este o variabilă a maşinii funcţie de variabilele maşinii aplicate la intrare şi de timp. Datorită diversităţii funcţiilor cu care se operează, generatoarele de funcţii sînt elemente cu mare flexibilitate în funcţionare, foarte variate ca natură şi pot apare mai multe tipuri de astfel de elemente rezolvatoare în construcţia aceluiaşi calculator.

După operaţia sau funcţia pe care o realizează, elementele rezolvatoare neliniare se pot clasifica în montaje înmulţitoare (de înmulţire), împărţitoare (de împărţire), generatoare de funcţii trigonometrice, etc.

In cele ce urmează, elementele rezolvaloare neliniare sînt înfăţişate din 3 puncte de vedere.

3.1. Schema bloc (principiul de realizare).

3.2. Caracteristicile matematice.

3.3. Natura elementelor componente, după formele de energie care intervin în montaj (electrice, electronice, mecanice, termice, etc.).

3.1. *Schema bloc*

3.1.1. *Elementele cu funcţia de transfer comandată de o variabilă a maşinii, fără reacţie.* Acest tip de montaje se utilizează ca elemente înmulţitoare.

Fie X_1 şi X_2 cele 2 variabile ale maşinii care se înmulţesc. Una din variabile X_1 se aplică la intrare, iar cealaltă X_2 este folosită să comande funcţia de transfer (amplificarea) elementului înmulţitor. Dacă amplificarea este proporţională cu X_2, mărimea de ieşire este proporţională cu produsul celor două variabile ale maşinii (fig. 3).

Un astfel de înmulţitor se realizează de exemplu cu o pentodă la care X_1 se aplică pe grilă, iar X_2 se aplică pe ecran şi controlează amplificarea. În regiunea în care variază liniar cu tensiunea de grilă şi cu cea de ecran, tensiunea de placă reprezintă produsul celor 2 variabile.

$$X_E = -K \cdot X_1 X_2 . \qquad (16)$$

Tensiunea de ecran avînd semn determinat pozitiv, la acest înmulţitor unul din factori trebuie să fie mereu pozitiv.

Un alt înmulţitor, des întîlnit, este constituit dintr-un potenţiometru de rezistenţă r, al cărui cursor este comandat de un motor. Variabila X_2 comandă motorul astfel încît între o bornă a

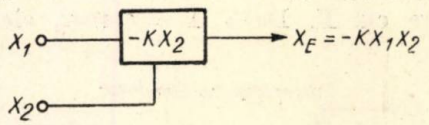


Fig. 3. Element cu funcţie de transfer comandată fără reacţie.

potenţiometrului şi cursor să fie o rezistenţă de $Kr\,X_2$. Alimentînd potenţiometrul cu tensiunea X_1, tensiunea de eşire este

$$X_E = K' X_1 X_2 .$$

Aceste montaje fără reacţie au precizia şi domeniul de lucru limitate de neliniaritatea relaţiei dintre funcţia de transfer a elementului înmulţitor şi variabila maşinii care o comandă. Pentru a asigura o precizie mai bună se utilizează o reacţie care să asigure liniaritatea comenzii.

3.1.2. *Elemente cu funcţia de transfer comandată şi cu reacţie.* Schema bloc a unui astfel de montaj este arătată în fig. 4. Reacţia se aplică

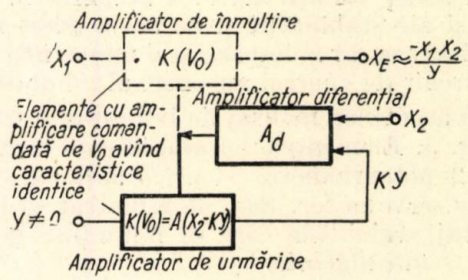


Fig. 4. Element cu funcţia de transfer comandată cu reacţie.

amplificatorului de urmărire a operaţiei, care are amplificarea K comandată de tensiunea V_0, astfel încît să urmărească expresia X_2/Y (circuitul cu linie continuă). Pentru aceasta mărimea maşinii Y se aplică la intrarea amplificatorului de urmărire. Ieşirea acestuia KY şi variabila maşinii X_2 se aplică unui amplificator diferenţial. Ieşirea acestuia

$$V_0 = A_d (X_2 - KY) \qquad (17)$$

comandă amplificarea K

$$K = \text{const. } A_d(X_2 - KY) = A\,(X_2 - KY) \qquad (18)$$

de unde

$$K = \frac{AX_2}{1 + AY} \qquad (19)$$

şi dacă A este suficient de mare şi negativ

$$K = \frac{X_2}{Y} . \qquad (20)$$

Dacă avem un al doilea amplificator cu aceiaşi funcţie de transfer, acesta poate servi la înmulţire şi, aplicîndu-i la intrare un semnal X_1, se obţine la ieşire

$$X_E = \frac{X_1 X_2}{Y} \quad . \tag{21}$$

Se realizează astfel o înmulţire cu X_2 şi o împărţire cu Y. Dacă Y = const., elementul

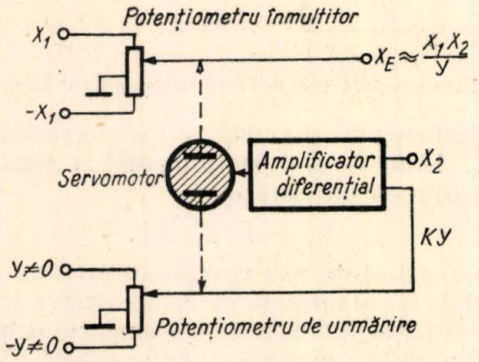


Fig. 5. Montaj de înmulţire.

rezolvator efectuează o înmulţire, iar dacă X_2 = const., efectuează o împărţire.

Din formula (20) se vede că variaţii mici ale lui Y atrag variaţii mari ale amplificării buclei, deci şi ale stabilităţii şi de aceia acest montaj se utilizează rar la împărţire şi numai intercalînd un circuit de control automat al amplificării.

Un asemenea montaj de înmulţire este arătat în fig. 5. Elementele cu amplificare comandată sînt 2 potenţiometre identice acţionate de un acelaş servomotor. Este de remarcat că în acest montaj variabilele care se înmulţesc pot avea orice semn algebric.

Se vede că cele 2 condiţii de bază care trebuiesc realizate în aceste scheme sînt [3]:

a) Realizarea unui dispozitiv a cărui funcţie de transfer să fie comandată de o tensiune V_0, dar să nu depindă de semnalul de intrare;

b) Realizarea a 2 sau mai multe astfel de dispozitive cu caracteristici identice.

Prima condiţie este uşor de îndeplinit. Condiţia a doua este mai grea şi se realizează fie utilizînd elemente de foarte bună calitate, fie utilizînd elemente obişnuite şi un comutator (un motor de mare viteză sau un întrerupător sincron), care să permită utilizarea unui acelaş element şi pentru urmărirea operaţiei şi pentru înmulţire. Transformînd în felul acesta montajul din fig. 5, se obţine cel din fig. 6.

Alte metode de a obţine independenţă de diferenţa dintre caracteristicile elementului de urmărire şi ale aceluia de înmulţire, sînt realizarea înmulţitorilor în trepte şi utilizarea ca elemente de urmărire şi înmulţire a atenuatorilor în impulsuri [3].

Un exemplu de utilizarea atenuatorilor prin impulsuri este înmulţitorul prin modulaţia impulsurilor în amplitudine şi lărgime. Se ştie că valoarea medie a unor impulsuri pozitive dreptunghiulare de amplitudine X_1 durată T_1 şi perioadă T este dată de formula

$$X_E = \frac{T_1}{T} \cdot X_1 \tag{22}$$

Dacă se realizează ca $\frac{T_1}{T}$ să fie egal cu $\frac{X_2}{Y}$ adică impulsul se modulează în lărgime cu $\frac{X_2}{Y}$ atunci, modulînd în amplitudine impulsurile cu X_1 se obţine

$$X_E = \frac{X_1 X_2}{Y} \quad . \tag{23}$$

Întrucît în relaţia (22), $\frac{T_1}{T}$ apare ca un factor de atenuare al tensiunii X_1, sistemul care asigură varierea lui $\frac{T_1}{T}$ deci şi a tensiunii X_E se numeşte şi atenuator prin impulsuri. Se pot realiza uşor scheme în care T_1 şi T să fie aceiaşi pentru elementul de urmărire şi pentru cel de înmulţire.

Există scheme de înmulţire „cu autoexcitarea diviziunii timpului" în care generatorul de impulsuri modulate în lărgime este înlocuit cu un integrator şi un releu mecanic sau electronic. În principiu, integratorul primeşte o tensiune funcţie de X_2 pe care o integrează. Cînd tensiunea

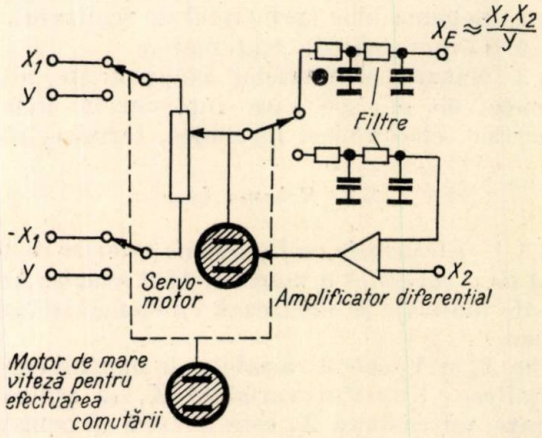


Fig. 6. Montaj de înmulţire şi urmărirea operaţiei.

la ieşirea integratorului atinge o valoare dată, releul deconectează, deci timpul scurs este o funcţie de X_2.

3.1.3. *Elemente statice a căror funcţie de transfer aproximează prin segmente o funcţie dată* [10] [3] [8]. În aceste generatoare de funcţie cu elemente neliniare (de tipul celor cu diodă) aplicînd la intrare direct variabila maşinii, se obţine la ieşire valoarea funcţiei.

În fig. 7 se arată cum cu o diodă se poate realiza o caracteristică de forma unei linii frînte. Poziția punctului de frîntură F poate fi reglată cu ajutorul tensiunii de polarizare E_p, iar panta dreptei variind rezistența R.

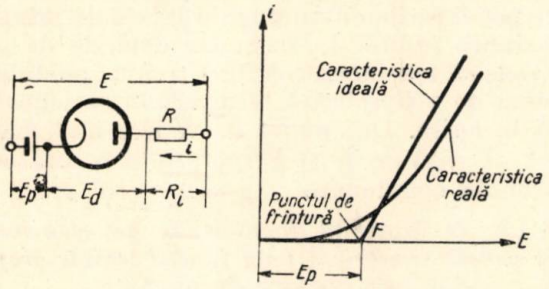


Fig. 7. Obținerea unei caracteristici de forma unei linii frînte cu ajutorul unei diode.

Conectînd mai multe montaje elementare cu diode în paralel se realizează un generator de funcție monotonă ca în fig. 8. În această schemă, în loc de surse de polarizare s-a folosit un potențiometru de rezistență mică conectat între —200 V și +200 V. (fig. 8, *a*). Aplicînd la intrare un semnal negativ, dioda T_1 poate conduce. Curentul trece prin R_1 și R_3. Cînd $U_1 = X_E$ tubul T_1 se taie și curentul circulă numai prin R_3 (panta scade). Crescînd potențialul X_i se ajunge la $U_2 = X_E$ și începe să conducă și tubul T_2 și așa mai departe. Caracteristica obținută trece prin origină dacă $U_i = U_3$ (fig. 8, *b*).
Montajul din fig. 8, *a* este de tip serie fiindcă diodele apar în serie cu sarcina. Se poate construi și un montaj în care diodele să apară în paralel cu sarcina (montaj de tip paralel ca cel din fig. 8, *c*).

Funcțiile nemonotone se pot obține ca diferența a două funcții monotone.

Se pot construi și montaje cu diode și amplificatoare de curent continuu cu reacție. În acest caz montajele cu diode constituie impedanțele de reacție Z_E și Z_i ale unui amplificator operațional. Inversînd între ele cele două „impedanțe de reacție" se obține generatorul funcției inverse [10], așa cum se va arăta la cazul 3.1.6.

În proiectare se trasează întîi grafic funcția de generat și se aproximează cu segmente. Se alege montajul și se calculează estimativ valorile rezistențelor după legile lui Kirchoff, considerînd diodele cu caracteristici ideale. Se realizează montajul experimental cu rezistențe variabile. Pentru reglare se montează la ieșire un potențiometru de comparație și se ajustează experimental rezistențele pînă se obține caracteristica de transfer cea mai apropiată de cea dorită. Datorită faptului că diodele au caracteristici care nu sînt segmente de dreaptă, funcția de transfer generată apare ca o curbă continuă. Pentru o mai bună precizie, aproximarea funcției de transfer nu trebuie să se bazeze pe alegerea unei regiuni curbe a caracteristicii cît mai asemănătoare cu funcția cerută, deoarece aceasta este nestabilă în timp și la schimbarea tuburilor, cît pe aproximarea funcției cerute prin drepte. Pentru aceasta se liniarizează caracteristicile diodelor montîndu-le în placă rezistențe mari și se urmărește obținerea unor puncte de frîntură cît mai marcate. Pentru stabilitatea în timp a punctelor de frîntură se cere o bună stabilizare a tensiunii de filament [3]. Precizia generatoarelor de funcții crește cu numărul de diode utilizate și în montajele pentru calculatorii analogi de curent continuu s-a obținut pînă la 500 Hz o precizie de 0,5% raportată la limita de scară.

Diodele cu cristal și uscate nu sînt recomandabile din cauza curenților inverși mari la circa 200 V [3], totuși s-au construit și generatoare de funcții cu seleniu [9].

3.1.4. *Elemente cu piese în rotație a căror funcție de transfer aproximează prin segmente funcția dată.* Tipul cel mai reprezentativ este potențiometrul rotativ. La aceste elemente argumentul este poziția cursorului și deci, pe lîngă elementul neliniar (potențiometrul de ex.), trebuie să existe și un servosistem care să miște cursorul în poziția corespunzătoare variabilei mașinii sau funcție de timp. Un astfel de element permite și o înmulțire cu valoarea tensiunii de alimentare a potențiometrului [3] [8].

Rezistența ca funcție neliniară de unghi se realizează fie bobinînd potențiometrul cu pas variabil, fie împărțind carcasa în segmente și

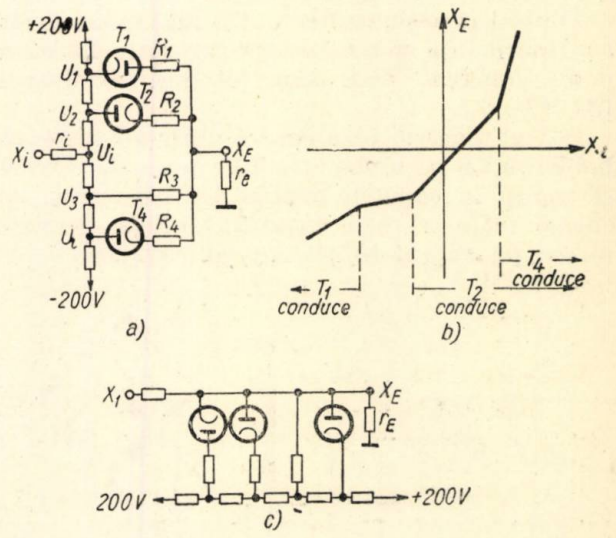


Fig. 8 Generarea funcțiilor monotone:
a — schema de generare; *b* — caracteristica obținută; *c* — montaj de tip paralel.

bobinînd fiecare segment cu sîrmă de rezistență diferită, fie utilizînd o carcasă de formă specială [3] [8], fie conectînd între cursor și masă o rezistență fixă anume calculată [8].

Uneori se preferă să se utilizeze potențiometrele liniare dar să se creeze în înfășurarea lor o distribuție neliniară de potențial. Aceasta se

realizează scoţînd prize echidistante din înfăşurarea potenţiometrului şi aplicînd la fiecare priză un potenţial diferit (fig. 9). Există multe metode de a regla potenţialul prizelor. Ca şi la schema cu diode, montajul se calculează, se realizează, apoi se reglează experimental montat în condiţiile de funcţionare, adică şi cu rezistenţa de sarcină conectată.

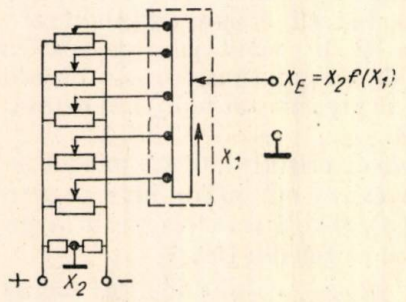


Fig. 9. Potenţiometrul cu prize.

O altă variantă a potenţiometrului cu prize este generatorul de funcţii cu comutator. Acesta se recomandă la generarea funcţiilor de timp. Potenţiometrul serveşte ca sursă de potenţiale fin reglate care se transmit la ploturile unui comutator. Rotind axul comutatorului la ieşire se obţine o funcţie variabilă în trepte.

Potenţiometrele utilizate ca generatoare de funcţii trebuie să aibă cuplu static şi dinamic mic, înfăşurarea şi cursorul să facă un contact electric ferm, care să reziste la circa 300 000 de rotaţii şi frecarea lor să nu genereze zgomot.

Sinusul şi cosinusul se obţin mai exact decît cu tipurile de potenţiometre arătate, folosind potenţiometrul plan sau folosind rezolverul [3] [8].

Potenţiometrul plan constă dintr-o rezistenţă bobinată fin pe o plăcuţă. Tensiunea de intrare se aplică la capetele rezistenţei iar ieşirea se culege între 2 perii diametral opuse care se rotesc pe suprafaţa rezistenţei (fig. 10).

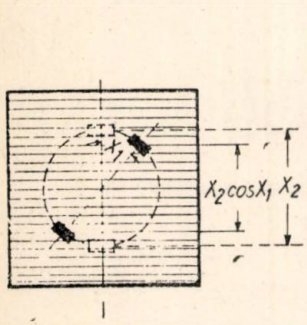


Fig. 10. Potenţiometrul plan.

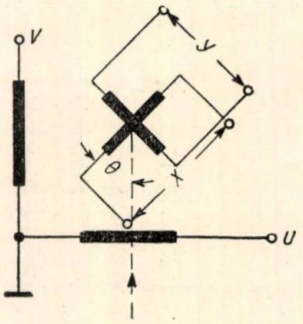


Fig. 11. Rezolverul.

Tensiunea de ieşire este

$$X_E = X_2 \cos X_1 \qquad (24)$$

unde X_2 este tensiunea de ieşire cînd direcţia periilor este perpendiculară pe direcţia de bobinare iar X_1 este complimentul unghiului făcut de direcţia periilor cu direcţia de bobinare.

Rezolverul (fig. 11) este un transformator rotativ special. Primarul este format din două bobine care dau două fluxuri la 90°. Secundarul este format tot din două bobine perpendiculare, care pot fi rotite cu un unghiu θ faţă de primar. Tensiunea indusă în secundar depinde de θ. Se vede că tensiunea continuă trebuie modulată înainte de a fi aplicată rezolverului şi demodulată la ieşire. Din punct de vedere matematic X şi Y faţă de U şi V reprezintă o rotaţie a axelor de coordonate

3.1.5. *O deosebită flexibilitate au elementele care permit urmărirea unei funcţii trasate grafic.* Acestea sînt servosisteme de poziţie.

Este cunoscut fotoformerul, un generator de funcţii static, care are ca piesă principală un osciloscop catodic. Se desenează pe un material opac curba care trebuie reprodusă. Se decupează şi se formează o „mască" care se aplică pe ecranul osciloscopului catodic. Pe plăcile orizontale se aplică o tensiune care tinde să ţină spotul în afara măştii. Se aşează în faţa ecranului o celulă fotoelectrică, care, cînd este luminată, dă o reacţie care tinde să micşoreze potenţialul plăcilor orizontale şi să împingă spotul sub mască. La echilibru, spotul urmăreşte

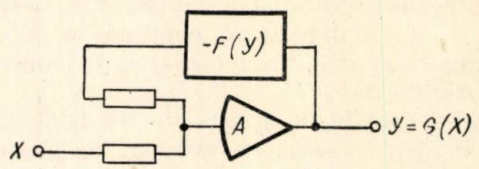


Fig. 12. Generator de funcţie inversă.

masca, iar potenţialul plăcilor orizontale reproduce funcţia dorită. Pe plăcile verticale se aplică argumentul funcţiei [1] [3].

Pentru funcţiile obişnuite, pe acest principiu s-a construit monoformerul, un tub de dimensii mici, cu masca introdusă în tub. Acesta în loc de fotocelulă are un colector care sesizează fascicolul de electroni.

Un sistem foarte util de urmărire a funcţiilor se realizează folosind chiar înregistratorul cu tambur. Peste funcţia trasată, se fixează un fir conductor care calcă pe un potenţiometru liniar aşezat paralel cu generatoarea. Poziţia tamburului este funcţie de timp sau reglată de un servosistem, funcţie de o variabilă a maşinii. Ieşirea se face între un capăt al potenţiometrului şi sîrma de pe grafic. Se poate ca graficul să se traseze cu o cerneală conductoare şi să fie urmărit cu un sistem capacitiv. În felul acesta, curba odată trasată poate fi recitită de acest sistem cu un decalaj de timp oricît de mare şi reintrodusă în maşină [1] [3].

3.1.6. *Generatorul funcţiei inverse.* Acesta este un amplificator de curent continuu, care are în bucla de reacţie elementul generator al

funcției inverse celei pe care dorim să o generăm (fig. 12) [3] [10].

De exemplu se dorește să se obțină funcția $Y = G\ (X)$. Inversa acesteia este

$$X = F\ (Y) = F\ [G\ (X)] \qquad (25)$$

Din fig. 12 se vede că se poate scrie relația

$$[\ -F\ (Y) + X\ ]\ A = Y \qquad (26)$$

cînd A este suficient de mare

$$X = F\ (Y) \qquad (27)$$

și din relația (25) se vede că

$$Y = G\ (X) \qquad (28)$$

Montajul este stabil dacă

$$\frac{\partial F}{\partial Y} = 0. \qquad (29)$$

3.1.7. *Montaje pentru realizarea unei operații sau funcții conținînd elemente care generează alte funcții.* Asemenea montaje se construiesc adesea pentru înmulțire.

Cu ajutorul unor circuite de formare a logaritmului se formează log X_1 și log X_2. Tensiunile obținute se însumează într-un însumator și cu alt circuit se scoate antilogaritmul.

Mai utilizat la înmulțire este montajul care folosește elementele de ridicare la patrat. Se însumează $(X_1 + X_2)$ și se ridică la pătrat, la fel $(X_1 - X_2)$. Se face diferența lor

$$X_E = K\ (X_1 + X_2)^2 - (X_1 - X_2)^2 = 4\ KX_1X_2 \qquad (30)$$

Tot printr-o combinație de elemente rezolvatoare se pot obține funcțiile de funcții, sau funcțiile de mai multe variabile.

3.2. *Caracteristicile matematice*

Din punct de vedere matematic , vom considera că genaratoarele de funcții se caracterizează prin numărul variabilelor, semnul variabilelor și felul variabilelor (timpul sau alte mărimi ale mașinii).

3.2.1. Pînă acum pentru simplificare, exceptînd înmulțitorii, s-au considerat numai *funcțiile de o singură variabilă a mașinii.* Schemele arătate pot fi însă generalizate pentru generarea funcțiilor de mai multe variabile.

La potențiometrul cu prize din fig. 9 de exemplu, se ia o variabilă unghiul de rotire, să-l notăm cu X_1. Să presupunem că se dorește să se genereze

$$Y = F\ (X_1,\ X_2) \qquad (31)$$

atunci la fiecare X_1 = const. corespunzător unei prize va corespunde din expresia (31) un potențial funcție numai de X_2

$$Y = F\ (X_1 = \text{const},\ X_2) = G\ (X_2) \qquad (32)$$

deci, se pot utiliza generatoare de funcții de o singură variabilă $G\ (X_2)$, care să dea potențiale prizelor potențiometrului.

La montajele cu diode, cea de a doua variabilă, în mod asemănător, se pune să comande potențialul de polarizare E_p.

Cînd sînt mai multe variabile expresia se scrie sub forma unei funcții de funcții. :

Exemplu :

$$F\ (X,\ Y,\ Z,) = G\ [X,\ F\ (Y,\ Z)] \qquad (33)$$

și procedînd ca mai sus se reduce întîi la cazul unor funcții de două variabile apoi a unor funcții de o singură variabilă.

3.2.2. *Semnul variabilelor mașinii cu care se operează are însemnătate mai ales la montajele înmulțitoare.* Acestea din punct de vedere matematic sînt caracterizate de gradul de libertate al celor două variabile ale mașinii care se înmulțesc X_1, X_2 de a avea diferite semne algebrice. Astfel, dacă X_1 și X_2 trebue să aibe fiecare un același semn dat, produsul are un semn determinat și se spune că înmulțitorul operează într-un singur cadran. Dacă X_1 trebue să aibă un semn algebric dat, iar X_2 poate să aibă semn pozitiv sau negativ, produsul poate lua ambele semne și se spune că îmulțitorul poate opera în două cadrane. Dacă X_1 și X_2 pot să aibă semne algebrice arbitrare, produsul rezultînd pozitiv sau negativ după regula algebrică, înmulțitorul poate opera în patru cadrane.

Există scheme de conectare a înmulțitoarelor care operează într-un singur cadran sau în două cadrane pentru a se obține înmulțitoare care operează în patru cadrane [3].

3.2.3. Pentru generalitate s-a considerat că *funcțiile generate au ca argumente variabilele mașinii.* Pentru ca funcția generată să depindă și de timp, se dă uneia din variabile o variație liniară cu timpul, de exemplu în cazul potențiometrelor rotative se imprimă cursorului o rotație uniformă, iar în cazul fotoformerului se aplică plăcilor verticale o tensiune în dinți de fierăstrău liniară cu timpul.

3.3. *Natura elementelor componente*

Dacă precizia depinde și de schema elementului rezolvator, natura elementelor componente este aceia care determină banda de frecvențe în care lucrează elementul rezolvator și dacă este recomandabil să fie utilizat în calculatorii de curent continuu înceți sau în calculatorii cu rezolvare periodicizată (repetitivi) [3].

Elementele rezolvatoare electronice funcționează bine pînă la frecvențe de sute și chiar mii de Hz, cu precizii ușor de obținut între 5...2 % și în montaje speciale ajungînd la 0,2 %.

Montajele cu potențiometru servocomandat ating precizii de 0,1 % și au răspuns bun pînă la circa 40 Hz.

Montajele electrodinamice (înmulţitoare) au precizie pînă la 0,5% şi răspuns bun pînă la 20 Hz, iar cele prin transmisia căldurii ating precizia de 1% funcţionînd pînă la 10 Hz.

Ca montaje de înmulţire, cele mai utilizate sînt montajele cu autoexcitarea diviziunii impulsului (calculatorul Donner), montajele utilizînd funcţii neliniare generate cu diode sau redresoare cu seleniu [3] [9] [10] şi montajele cu potenţiometre servocomandate. Ca generatoare de funcţii în calculatorii de curent continuu începeţi se utilizează mai ales generatoarele de funcţii cu diode şi cele electromecanice. În calculatorii analogi de curent continuu repetitivi se utilizează montajele electronice.

Se vede că printre elementele care intră în componenţa generatoarelor de funcţii un loc important îl ocupă servosistemele. Prin natura lor elementele calculatorului analog de curent continuu se bazează pe bucle de reacţie asemănătoare celor din servosisteme şi natura lor analoagă permite utilizarea calculatorului la modelarea sistemelor fizice şi conectarea calculatorului cu un sistem fizic exterior pentru măsurători şi încercări parţiale.

Calculatorii analogi destinaţi studiului sistemelor de reglaj automat trebuie să conţină servosisteme fie gata asamblate intrînd în alcătuirea unor elemente rezolvatoare, fie elemente componente de servomecanisme, ca: amplificatoare-servo care să dea puterea necesară pentru mişcarea unui motor în exterior, modulatori, demodulatori, montaje de control automat al amplificării. Acestea din urmă sînt necesare pentru a fi montate în bucla servosistemelor care lucrează în condiţii foarte variate şi care produc varierea amplificării în limite largi, deci ar putea dăuna preciziei şi stabilităţii.

Elementele rezolvatoare descrise se utilizează încorporate în calculator care, printr-o aparatură specială de comandă şi control, asigură rezolvarea rapidă şi corectă a problemelor studiate. [3] [11].

Calculatorii analogi sînt astăzi aparate curent utilizate în practica inginerească şi în rezolvarea problemelor de matematici aplicate. Numărul mare de cărţi şi articole apărute în acest domeniu [3] [12] arată importanţa calculatorilor analogi în tehnica contemporană.

BIBLIOGRAFIE

[1] VAZACA, CR.: *Principii de simulare electronică a sistemelor automate.* Automatica şi electronica, 1 (1957) 2 p. 45–55.

[2] VAZACA, CR., IANCULESCU, GH. R.: *Simularea electronică a sistemelor automate.* Automatica şi electronica, 1 (1957) 5, p. 200 – 208.

[3] KORN, S. A. and KORN, T. M.: *Electronic Analog Computers.* Mc Graw Hill, New York, 1956.

[4] Mc DONAL, D.: *Analog computers for servo problems.* Rew. Scient. Instrum. 21 (1950) 2, p. 154 – 157.

[5] VALLEY, G. E. and WALLMAN, H.,: *Vacuum Tube Amplifiers.* M.I.T. Vol. 18, New York 1948.

[6] EVSEEV, V. M.: *Reşaiuşcii usilitel bez stabilizirovannîh istocinicov pitania.* Avtomatica i telemehanica XVII (1957) nr. 5, p. 427 – 436.

[7] SCHÄCHTER, S. şi MUNTEANU, FL.: *Amplificatorul operaţional al calculatorului C.A.U.-1.* Buletinul Academiei militare tehnice 1958, nr. 2.

[8] GREENWOOD, HOLDAM, MAC RAE: *Electronic instruments.* M.I.T. Mc Graw-Hill. New York 1948.

[9] PAUL, R. Y. A. and THOMAS, E. L.: *The design and application of a general-purpose analogue computer.* The Journal of the Brit. Inst. of radio Engrs. (1957) Ian. p. 49 – 73.

[10] CONSTANTINESCU, R. M. şi ENDEŞ, I.: *Elementele neliniare ale calculatorului C.A.U.-1.* Buletinul Academiei militare tehnice 1958, nr. 2.

[11] SCHÄCHTER, S.: *Calculator analog universal C.A.U.-1* Buletinul Academiei militare tehnice 1958, nr. 2.

[12] BILBT i LANDSBERG, R. S. redactiroval KOGAN B. I.: *Bibliografia litraturî po voprosam matematicescovo modelirovaniia.* Avtomatica i telemehanica, XVII (1956) Nr. 3–4 şi XVIII (1957) nr. 9.

MIHAI DRĂGĂNESCU ŞI GHEORGHE STANCU *)

Propuneri de terminologie pentru elemente electronice **)

CZ 621.37/38:001.4

De la început trebue atrasă atenţia asupra faptului că lucrarea de faţă nu are forma unui proiect de standard. Aceasta deoarece nu se definesc termeni ci numai se propune o clasificare a ceea ce numim „elemente electronice", introducînd uneori şi unii termeni noi. Introducerea acestor termeni noi apare justificată deoarece ţine cont de fenomenele care stau la baza elementului respectiv sau de utilizarea lui specifică. În cele ce urmează nu se face decît o justificare şi o clasificare a terminologiei adoptate, care ar putea sta la baza unui proiect de standard de „elemente electronice", rămînînd ca denumirile noi să fie supuse unei discuţii generale.

1. Elemente electronice

În primul rînd se propune introducerea denumirii de *element electronic.* Spre deosebire de elementele obişnuite de circuit — rezistenţe, condensatori, inductanţe, etc..., liniare sau neliniare — prin *„elemente electronice"* trebuie să se înţeleagă elemente *speciale* de circuit, a căror funcţionare se bazează pe conducţia electronică a curentului. Astfel, elemente electronice sînt *tuburile electronice, elementele semiconductoare* şi *elementele superconductoare*:

Elemente electronice — Tuburi electronice
Elemente electronice — Elemente semiconductoare
Elemente electronice — Elemente superconductoare

În afară de elemente electronice mai există şi *elemente cuantice* ca amplificatorii şi generatorii

*) Ing. M. DRĂGĂNESCU este conferenţiar la Institutul politehnic Bucureşti şi Ing. STANCU inginer la I.I.S. Termotehnica.

**) Comunicare prezentată în cadrul seziunii de comunicări a Institutului politehnic Bucureşti din 18–19 oct. 1958.

moleculari [6] unde fenomenul de amplificare şi generare a oscilaţiilor nu are loc în urma conducţiei electronice a curentului ci se bazează pe proprietăţile cuantice ale moleculelor şi anume pe trecerea electronilor de pe nivele normale pe nivele excitate şi invers. Există elemente cuantice de amplificare şi generare a oscilaţiilor realizate cu corpuri solide [7].

2. Tuburi electronice

Clasificarea tuburilor electronice se poate urmări direct în tabela I. Astfel, tuburile electronice se împart în tabela electronice cu vid, tuburi electronice cu gaz şi tuburi fotoelectrice. Considerăm că termenul de *tub ionic* folosit uneori pentru tuburile cu gaz trebuie înlăturat deoarece conducţia curentului în aceste tuburi este datorită în special electronilor, contribuţia curentului ionic la curentul total fiind neglijabil de mică [8].

2.1. **Tuburi electronice cu vid.** Clasificarea tuburilor electronice cu vid este conformă Vocabularului Electrotehnic Internaţional al C. E. I. [1]. Tuburile electronice obişnuite sînt denumite „tuburi electronice convenţionale" denumire utilizată in literatura tehnică de specialitate.

2.1.a. Dintre tuburile convenţionale mai discutabilă este denumirea tetrodei de putere cu emisie în fascicole [8] care mai este numită tetrodă cu fascicol, tetrodă de putere cu fascicol sau tetrodă cu fascicol dirijat. Propunem denumirea de *tetrodă cu fascicol* care exprimă sub o formă concisă principiul de funcţionare al acestui tub.

Pentru diodă, denumirea de kenotron se poate păstra pentru diodele redresoare de tensiune înaltă sau putere mare. Pentru celelalte tuburi electronice ca triode, tetrode, etc... ele pot fi denumite după caz, tuburi de putere, tuburi de emisie, etc...

Tubul cu emisie secundară este o tetrodă (sau pentodă) cu un electrod auxiliar — dinoda — care îmbunătăţeşte performanţele tubului[9].

2.1.b. Clasificarea *tuburilor cu fascicol electronic* este conformă vocabularului internaţional [1]. Deşi termenul de tub catodic este necorespunzător — fiind o urmare a vechiului termen de „rază catodică" — e mult prea utilizat pentru a mai putea fi schimbat. În acelaş timp nu trebuie să se înţeleagă prin tub catodic numai tubul utilizat în osciloografe, denumit aici „tub osciloscopic", ci prin tuburi catodice trebuie să se înţeleagă un grup mai mare de tuburi cuprinzînd tuburi osciloscopice, indicatorul electronic (contraindicată denumirea de „ochi magic" sau „indicator de acord"), tubul catodic comutator, tubul catodic numărător, tubul catodic memorie, etc. [11]. După cum se poate constata din planşa I în categoria tuburilor catodice nu au fost incluse tuburile analizoare de imagini, deoarece aici fascicolul electronic are o funcţie cu totul aparte, de analiză a semnalelor luminoase pe cînd tuburile catodice lucrează sub comanda semnalelor electrice. În ceea ce priveşte tuburile cu fascicol electronic pentru frecvenţe înalte ele sînt total deosebite de primele, deoarece aici fascicolul electronic interacţionează cu cîmpul electromagnetic în scopul de a amplifica sau genera oscilaţii.

2.1.c. *Magnetroanele* sînt tuburi electronice la care cîmpul magnetic joacă un rol esenţial. Dioda magnetron este utilizată astăzi la măsura cîmpurilor magnetice [10].

2.2. **Tuburi electronice cu gaz.** Clasificarea tuburilor electronice cu gaz, comportă introducerea pe lîngă cele două clase luate pînă acum în consideraţie (tuburi cu descărcare luminiscentă şi tuburi cu descărcare în arc) [8] [12] şi a tuburilor cu gaz utilizate la detecţia particulelor de mare energie, numite aici *detectroni* şi a *tuburilor cu gaz pentru frecvenţe foarte înalte* [3] [13].

2.2.a. În categoria *tuburilor cu descărcare luminiscentă*, termenul de stabilovolt este contraindicat [2], pentru toate tuburile stabilizatoare cu descărcare luminiscentă fiind indicată denumirea de *stabilitron* [16].

Este greu de găsit o denumire prescurtată pentru tuburile de protecţie cu descărcare luminiscentă. În terminologia sovietică aceste tuburi poartă denumirea de razriadnici (desărcători) cu descărcare luminiscentă. Pentru limba romînă propunem termenul de *protectron*, contraindicînd termenul de eclator cu gaz.

Nemotronul [14] este un tub numărător de impulsuri.

Pentru tubul cu descărcare luminiscentă [15] cu „triger" propunem termenul de *trigatron*. Aceasta deoarece construcţia acestui tub comportă un „triger" care joacă rolul grilei la tiratron. Trebue remarcat că terminologia sovietică utilizează denumirea de trigatron, pentru un tub cu descărcare în arc cu triger [2]. Spre deosebire de trigatron (tub cu descărcare luminiscentă) propunem denumirea de *trigarctron* în cazul în care se utilizează descărcarea în arc. Corespondentul semiconductor al acestui tub l-am numit *trigasistor*.

2.2.b. *Tuburile cu gaz cu descărcare în arc* nu mai necesită explicaţii. *Permatronul* [12] este un tiratron la care comanda se face cu ajutorul unui cîmp magnetic. *Protarctronul* este denumirea propusă pentru tubul de protecţie cu descărcare în arc, spre deosebire de protectron care este un tub de protecţie cu descărcare luminiscentă.

2.2.c. Deoarece tuburile cu gaz detectoare de particule de mare energie lucrează în regiunea iniţială de descărcare forţată ele constituie o categorie aparte, care după utilizarea lor specifică, le numim *detectroni*. Denumirea de contor

Tabela 1

Tuburi electronice

- *Tuburi electronice cu vid*
  - Tuburi electronice convenționale
    - Dioda (kenotron)
    - Trioda
    - Tetroda
    - Tetroda cu fascicol
    - . . . . . .
    - Tub electrometric
  - Tuburi cu fascicol electronic
    - Tuburi catodice
      - tub osciloscopic
      - indicator electronic (contraindicat : ochi magic)
      - tub catodic comutator
      - tub catodic numărător (decotron)
      - tub catodic memorie
      - cinescop
      - trohotron
    - Tuburi analizoare de imagini
      - iconoscop
      - monoscop
      - orthicon
      - vidicon
    - Tuburi cu fascicol electronic pentru frecvențe foarte înalte
      - clistron
      - clistron reflex
      - tub cu undă progresivă
      - tub cu undă regresivă.
  - Magnetroane
    - Dioda magnetron
    - Magnetron cu anod secționat
    - Magnetron cu cavități rezonante
- *Tuburi electronice cu gaz*
  - Cu descărcare luminiscentă
    - Tub stroboscopic
    - Tub indicator cu neon
    - Stabilitron (nerecomandat : stabilovolt)
    - Protectron
    - Nomotron
    - Tiratron cu catod rece
    - Trigatron
  - Cu descărcare în arc
    - Cu catod rece
      - Gazotron
      - Tiratron
      - Permatron
    - Cu catod de mercur
      - Tuburi polianodice
      - Ignitron (nerecomandat : redresor cu mercur)
      - Excitron
    - La presiune mare
      - Protarctron
      - Trigarctron
    - Detectroni
      - Tub Geiger – Müller
      - Detectron proporțional (nerecomandat : contor proporțional)
    - Tuburi cu gaz pentru frecvențe foarte înalte
      - Tub atenuator cu gaz (TAG)
        - TBT (tub pentru blocarea transmițătorului)
        - TPR (tub protecție receptor)
        - CTR (comutator transmisie-receptie)
        - TPP (tub de protecție preliminară a receptorului)
      - Tuburi de comutare și proecție
      - Oscilotron
- *Tuburi fotoelectrice*
  - cu vid
  - cu gaz
  - fotomultiplicator electronic
  - convertor optico-electronic [8]

Tabela 2

Elemente semiconductoare

- *Diode semiconductoare*
  - Cu contacte puncti forme
  - Cu joncțiune
  - Diode Zener
  - Celule redresoare
    - Cu seleniu
    - Cu Cu_2O
- *Transistori*
  - Triode semiconductoare
    - Cu contacte punctiforme
    - Cu joncțiune
  - Tetrode semiconductoare
    - Cu contacte punctiforme
    - Cu joncțiune
  - Hermistori
    - cu difuzie
    - Drifttransistori
  - Spasistori
  - Trigasisitori
- *Celule fotoelectrice*
  - foto rezistive
  - foto voltaice
  - foto transistori (contraindicat fotodiode)
- *Varitroni*
  - Varmistori
  - Termistori
  - Varicapi
  - Nesistori
- *Detectroni* — Semiconductori
- *Elemente superconductoare* — Criotron

dată acestor tuburi trebuie contraindicată, deoarece este vorba de elemente de detecţie şi nu de aparate de înregistrare ca atare.

2.2.d. *Tuburile cu gaz pentru frecvenţe foarte înalte* [13] au intrat în tehnica curentă [2] [3]. La această categorie de tuburi propunem denumirea de *oscilotron* pentru tubul cu gaz generator de foarte înaltă frecvenţă, unde apar oscilaţii condiţionate de fenomenele interne care au loc în plasma electrono-ionică.

2.3. **Tuburi fotoelectrice.** — Trebue făcută o distincţie netă între tuburile fotoelectrice şi celulele fotoelectrice care constitue categorii aparte de elemente fotoelectrice. În tubul fotoelectric are loc conducţia electronică în vid sau gaz pe cînd în celulele fotoelectrice are loc conducţia electronică în solid.

3. Elemente semiconductoare

Clasificarea elementelor semiconductoare poate fi urmărită în tabela 2. Elementele semiconductoare se clasifică în diode semiconductoare, tranzistori, celule fotoelectrice, varitroni şi detectroni semiconductori. După cum se poate constata în tabela 2, denumirea elementelor semiconductoare nu este în general legată de natura materialului din care acestea sînt confecţionate. Nu are rost ca în clasificarea generală să se ţină cont de natura semiconductorului deşi în practică acest lucru prezintă importanţă (datorită parametrilor deosebiţi la diferite materiale).

3.1. **Diodele semiconductoare** cuprind un prim grup (diode cu contacte punctiforme, cu joncţiune, diode Zener) care utilizează în general *cristale* de germaniu sau siliciu şi un al doilea grup numit „celule redresoare", elemente mai vechi cu oxid de cupru şi seleniu. Denumirea de diodă Zener se referă la dioda care pe baza efectului Zener poate fi utilizată ca stabilizator de tensiune [17].

3.2. **Tranzistorii** sînt elemente semiconductoare cu trei sau mai mulţi electrozi la care rezistenţa dintre doi electrozi este controlată prin densitatea sarcinilor comandate de un al treilea electrod [18]. *Caracteristic pentru tranzistori este proprietatea de amplificare a semnalelor electrice.*

Pentru tranzistori cu trei sau patru electrozi se va utiliza expresia de triodă respectiv tetrodă semiconductoare, urmată de specificaţia „cu joncţiune" sau „cu contacte punctiforme" [19]. Pentru tranzistorii de putere (mai mare de 100 mW) se poate utiliza denumirea de triodă (tetrodă) semiconductoare de putere.

În afară de tranzistorii „clasici" amintiţi mai înainte, au apărut în ultimii ani o serie de tranzistori speciali care au performanţe îmbunătăţite la frecvenţe înalte. Astfel sînt *spasistorii* [21], la care îmbunătăţirea performanţelor la frecvenţe înalte (70 db amplificare în putere pînă la 10^4 MHz) se obţine prin acţiune electrică directă asupra barierii de potenţial a unei joncţiuni *p-n*.

O altă categorie de tranzistori pentru frecvenţe înalte îşi bazează funcţionarea pe reducerea timpului de trecere al purtătorilor minoritari prin bază [20]. Pentru aceşti tranzistori propunem denumirea de „hermistori"[1]). În această categorie intră tranzistorii cu bază neomogenă (cu difuzie) şi tranzistorii *p-n-i-p* (numiţi în literatura străină dreifovîe tranzistorî, drift-transistors, etc..)

Trigasistorul este un tranzistor cu patru electrozi, al patrulea fiind un electrod de comandă care îl pune în condiţii de trigatron (vezi pct. 2.2.a.).

3.3. **Celulele fotoelectrice.** La pct. 2.3. s-a arătat distincţia care trebue făcută între tuburi şi celule fotoelectrice. Celulele fotoelectrice sînt elemente fotosensibile realizate cu semiconductori. Celulele realizate cu semiconductori de tip *p* sau *n* poartă denumirea de fototranzistori (contraindicat fotodiode) pentru faptul că se poate stabili o analogie între acestea şi tranzistori, în sensul că raza luminoasă joacă rolul emiterului la tranzistorul obişnuit [23].

3.4. **Varitroni.** Denumirea de varitroni o propunem pentru toate elementele semiconductoare la care un parametru (rezistenţă, capacitate) variază sub acţiunea unui factor extern (temperatură, cîmp electric). Astfel, *varistorii* [24] sînt elemente rezistive la care rezistenţa depinde de tensiunea aplicată. *Termistorii* [25] sînt elemente rezistive la care rezistenţa depinde de temperatură şi anume scade cu creşterea temperaturii. *Varicapul* [26] este o joncţiune *p-n* care oferă o capacitate depinzînd mult de tensiunea aplicată joncţiunii. *Nesistorul* este un element semiconductor care oferă o rezistenţă negativă [27].

3.5. **Detectronii semiconductori,** sînt elemente semiconductoare folosite la detecţia particulelor de mare energie.

4. Elemente superconductoare

Fenomenul de superconductibilitate care apare la temperaturi foarte joase (cîteva grade Kelvin), a fost utilizat la realizarea unui element amplificator denumit criotron [5] [28], element foarte indicat pentru maşinile electronice de calculat.

BIBLIOGRAFIE

[1] Comission electrotetechnique internationale: *Vocabulaire electrotechnique international,* Groupe 07, Electronique, ed. II, editions UNESCO 1957.

[2] ***: *Terminologhia elektrovakuumnih priborov.* Moscova 1956.

[1]) Făcînd o analogie între mărirea vitezei purtătorilor de sarcină şi aripioarele zeului Hermes.

[3] *** : I.R.E. *Stadards on electron tubes*. Proceedings I.R.E. 45 (1957) iulie.
[4] *** : I.R.E. *Standards on solid state devices. Methodes of tasting point contact tranzistors for large signal applications*. Proceedings I.R.E. 46 (1958) mai.
[5] HEROLD, ED. W. : *Future circuit aspects of solid state phenomena*. Proceedings I.R.E. 45 (1957) nov, 1463—1474.
[6] BASOV, N. G., PROHOROV, A.M. : *Molekuliarnie ghenera-tori i usiliteli*. Priroda, 1958, iulie, 24—33.
[7] STRANDBERG, M. W. P. şi alţii : *Operation of a solid state quantum mechanical amplifier*. Phys. rev. 109 (1958) 15 th mart, 1988 — 1989.
[8] TĂNĂSESCU, T. : *Manual de tuburi şi circuite electronice*. vol . I, ed. Acad. R.P.R., 1955.
[9] ROSENHEIM, D. E., ANDERSON, A. G. : *V. H. F. pulse techniques and logical circuitry*. Proceedings I.R.E., 45 (1957) feb. 213.
[10] NICOLAU, EDM. : *Metode noi de măsurare a cîmpurilor magnetice*. Automatica şi electronica 1 (1957) nr. 2, 83—84.
[11] IAKIMOV, N. N., BERNAŞEVSCHII G. A. : *Elektronnolucevie priborî*. Uspehi elektrovakuumnoi tehniki, Moscova 1956, 126—178.
[12] KAGANOV, I. L. : *Elektronnie i ionnie preobrazovateli ; ciasti vtoraia : ionnie pribori*. G.E.I., Moscova 1955.
[13] LEBEDEV, I. V. : *Gazorazriadnie pribori dlia sverhvîso-kih ciastot*. Uspehi elektrovakuumnih priborov, Moscova 1956, 94—125.
[14] JACKSON, T. M. : *An improved circuit for reliable operation of nomotron counter tubes*. electronic Engineering 29 (1957) iulie, 324—326.
[15] GIMSON, K. F., GROWTHER, G. O. : *Applications of a new type of cold cathode trigger tube*. Electronic engineering, 29 (1957) oct., nov., dec..
[16] CISTIAKOV, P. N. : *Stabilizatorî napriajenia elektrices-kim razriadom v gaze (stabilitronî)*. Uspehi elektrovakuumnoi tehniki, Moscova 1956, 54—93.
[17] DOBWSKI, P., KNOBE, H., MULLER, H.: *The silicon „Zener" diode*. Hochfr. techn. Z. 10 (1957) aprilie, 195—199.
[18] SHEA, R. F. : *Principles of transistors circuits*. John Wiley, and Sons, New York, 1956.
[19] CISTIAKOV, N. : *Poluprovodniki i ih primenenie*. Trud-rezervizdat, Moscova 1957.
[20] KOMMER, H. : *Zur Theorie der Diffusion und Drifttran-sistors*. Archiv Elektrischer Übertragung, 8 (1954) mai, 223—228.
[21] STATZ, H., PUCELL, R. A.: *The spacistor, a new class of high frequency semiconductor devices*. Proceedings I.R.E. 45 (1957) mart, 317 — 325.
[22] *** : *Solid-state thyratrons switches kilowatts*. Electro-nics 28 (1957) mart, 52—55.
[23] LO, A. W..şi alţii : *Transistors electronics*. (ed. l. rusă, Osnovî poluprovodnikovoi electroniki, Sovetskoe radio, Moscova 1958,
[24] Akademia Nauk S.S.S.R. : *Poluprovodniki v nauke i tehnike*, cap. 10 *Varistorî*. Izdatelstvo Akademii Nauk, Moscova. 1957.
[25] Akademia Nauk S.S.S.R. : *Poluprovodniki v nauke i tehnike*, cap. 8 *termosoprotivleniia*. Izdatelstvo Akademii Nauk, Moscova 1957.
[26] ULHIS, A. : *The potential use of semiconductor diodes in high frequency communications*. Proceedings I.R.E. 46 (1958) iun., 1099—1115.
[27] POHL, R. G. : *The nesistor, a semiconductor negative resistance device*. I.R.E. Wescon convention record, Vol. I, 1957, p. 100 — 101.
[28] CENTOV, R. : *Kriotron —sverhprovodiascii element buduş-cih vicislitelnîh maşin*. Uspehi Fiziceskih Nauk, LXIV (1958) Vip. 1, 193—195.

TEODOR TOTH*)

Principii noi de accelerare a particulelor încărcate

CZ 621.384.6

Majoritatea marilor descoperiri epocale în domeniul particulelor elementare şi a teoriei forţelor nucleare au fost făcute cu ajutorul acceleratorilor de particule. Aceste maşini furnizează particulele de energie cinetică mare, care pătrunzînd în apropierea nucleului interacţionează cu el şi produc reacţii nucleare de diferite tipuri.

Cerinţele fizicii experimentale devin din ce în ce mai pretenţioase în ceea ce priveşte plafonul energetic al particulelor. Dacă în anul 1933—1935 ciclotronii au fost socotiţi drept maşini atomice ce satisfăceau pe experimentatori, în anii 1940—1944 aceşti acceleratori nu mai puteau să-şi îndeplinească misiunea de a servi ca mijloace de cercetare ale tainelor particulelor elementare. Tendinţa de a obţine energii cît mai ridicate, a devenit din ce în ce mai accentuată şi un număr mare de fizicieni şi tehnicieni au căutat febril soluţia care să permită realizarea în laborator a unui fascicul de particule cu energie de cîteva sute de MeV.

Descoperirea principiului autofazării de către savantul sovietic VEKSLER (1944) şi americanul, MAC-MILLAN (1945) a constituit o cotitură în dezvoltarea acceleratorilor de particule pentru energii înalte. Majoritatea maşinilor construite după anul 1945 se bazează pe acest principiu.

Astăzi sincrotroanele, acceleratori de electroni în varianta lor clasică, au atins energii de ordinul unui GeV. Cel mai mare sincrociclotron din lume, cel de la Institutul unificat de cercetări nucleare de la Dubna, imprimă protonilor o energie de 680 MeV. Cosmotronul de la Brookhawen şi bevatronul de la Berkeley dau fascicule protonice de 2,9 respectiv 6 GeV. Sincrofazotronul de la Dubna accelerează protoni pînă la 10 GeV. El va permite studiul generării particulelor grele şi verificarea existenţei particulelor şi anti-particulelor grele noi.

Se părea că limita superioară a energiei ce poate fi atinsă cu ajutorul acceleratorilor giganţi se află în jurul lui 40—50 GeV. Maşinile ce furnizează asemenea energii au dimensiuni uriaşe. (Numai electromagnetul sincrofazotronului de la Dubna cîntăreşte 36 milioane kg) şi sînt extrem de costisitoare. Problema era clară : trebuiau găsite principii

*) Fiz. T. TOTH este cercetător la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

noi, care să permită accelerarea particulelor încărcate, pînă la energii de cîteva sute de GeV, acoperind astfel banda mijlocie a energiei razelor cosmice primare.

În anul 1952 E. COURANT, S. LIVIGSTON şi H. SNYDER [1] au propus principiul focalizării intense. Maşinile realizate pe baza acest principiu prezentau însă un incovenient: cînd particulele atingeau „energia critică", dispărea fenomenul de autofazare. Fizicienii sovietici KOLOMENSKI PETUHOV şi RABINOVICI [2] iar mai tîrziu VLADIMIRSKI şi TARASOV [3] au propus variante noi ale acceleratorilor cu focalizare intensă, în care acest neajuns este eliminat.

Propunerile şi ideile noi în domeniul acceleratorilor de particule, n-au reuşit totuşi să rezolve din toate punctele de vedere — tehnic şi economic — problema construcţiei unor maşini, care ar imprima particulelor energii de ordinul a 10^{12} eV.

Este clar că nici unul dintre principiile cunoscute nu poate fi utilizat ca bază în proectarea şi construcţia unor accleeratori care să satisfacă condiţiile de mai sus.

În anul 1955 fizicianul sovietic VEKSLER [4] a propus un principiu nou, principiul acceleărării coherente a particulelor încărcate, care a fost lărgit în lucrarea publicată în anul 1957 [5].

În acceleratorii cunoscuţi pînă în prezent, procesul de accelerare este determinat exclusiv de un cîmp electric exterior. Dinamica particulelor depinde numai de acest cîmp indiferent de numărul particulelor captate în procesul de accelerare.

Deosebirea esenţială a principiului nou faţă de principiile clasice constă în faptul că accelerarea are loc nu datorită unui cîmp electric exterior, ci unui cîmp ce provine din interacţiunea grupului de particule accelerate cu alte grupuri de particule încărcate, cu o plasmă[1]) sau cu o undă electromagnetică. Aşadar cîmpul electric ce accelerează particulele se formează într-un domeniu restrîns şi depinde direct de numărul particulelor accelerate; de aici şi denumirea de principiu coherent. Astfel — principial — se pot obţine intensităţi ale cîmpului electric enorm de mari. Un asemenea mecanism de accelerare exclude cu desăvîrşire necesitatea menţinerii sincronismului între mişcarea particulelor şi cîmpul electric accelerator.

1. Accelerarea unui grup de particule încărcate cu ajutorul unui mediu în mişcare

Un mediu în mişcare cu viteză mare, trecînd lîngă o particulă încărcată în repaos, va ceda o parte a energiei sale particulei. Acesta este fenomenul invers al efectului Cerenkov, o particulă de mare energie trecînd prin substanţă îşi pierde energia generînd o undă electromagnetică. Efectul Cerenkov are loc de fiecare dată cînd viteza particulei este mai mare decît viteza de propagare a undelor electromagnetice în mediul respectiv.

Dacă de exemplu mediul în mişcare este format dintr-un fascicul de electroni relativişti, în care introducem protoni, aceştia din urmă vor fi accelerați. Cîmpul electronic ce acţionează asupra fiecărui proton în parte va fi foarte mic şi insuficient pentru a-l accelera pînă la energii considerabile. Dacă reuşim însă să concentrăm un grup de N sarcini într-un spaţiu foarte mic, vom obţine forţe de N ori mai mari care vor acţiona asupra fiecărui proton în parte. Acest fenomen se petrece datorită faptului, că fiecare proton excită oscilaţii în fasciculul de electroni, care însumîndu-se dau naştere unui cîmp electric rezultant proporţional numărului de sarcini din grup. Această proporţionalitate este valabilă dacă dimensiunile liniare ale spaţiului în care sînt grupate particulele pozitive vor fi mai mici decît lungimea de undă a oscilaţiilor de plasmă[2]). Dacă N este foarte mare, teoretic se pot realiza gradaţii de ordinul a 10^7 volţi/centrimetru. Numărul particulelor concentrate într-un spaţiu mic depinde de sistemul de injecţie. Pentru a introduce într-un fascicol de electroni un grup compact de protoni (10^{15} — 10^{20} particole) sînt necesare puteri mari în impulsuri [5]. Totuşi tehnica modernă dispune de mijloace de a le furniza.

Fenomenul de accelerare a protonilor în plasma electronică are loc dacă sînt îndeplinite condiţiile de stabilitate. Fascicolul de electroni trebuie să aibă o stabilitate radială iar grupul de protoni trebuie să fie stabil în direcţia radială şi axială.

În cazul cînd această condiţie nu este îndeplinită, atunci grupul de protoni se împrăştie[3]) şi cîmpul electric rezultant va fi insuficient pentru accelerarea protonilor. Cauzele instabilităţii sînt ciocnirile protonilor şi ale electronilor pe moleculele gazului rezidual, difuzia

[1]) Prin plasmă se înţelege un mediu ionizat care conţine aproximativ acelaş număr de electroni şi ioni pozitivi şi de aceea în ansamblu se prezintă ca un mediu neutru. Plasma poate fi uşor generată cu ajutorul unei descărcări electrice la presiune scăzută.

[2]) În plasmă distribuţia specială a ionilor pozitivi şi a electronilor nu este uniformă. În anumite zone pot fi concentraţi mai mulţi ioni pozitivi iar în altele mai mulţi electroni. Cîmpurile electrice microscopice ce iau naştere din cauza acestor distribuţii neuniforme pot să aibă intensităţi foarte mari şi ele provoacă o micşorare a sarcinilor în sensul uniformizării distribuţiei care pînă la urmă duce la apariţia unui nou centru de neuniformitate, astfel în diferite puncte ale plasmei se formează centre de oscilaţii ale sarcinilor. Aceste oscilaţii duc la apariţia unor unde electromagnetice de lungime de undă foarte scurtă (de obicei milimetrică şi submilimetrică).

[3]) Se ştie bine că în orice accelerator (inclusiv cei clasici) condiţiile de stabilitate axială şi radială menţin particolele în jurul unor orbite stabile. Cînd aceste condiţii lipsesc fascicolul se defocalizează, se împrăştie, făcînd imposibilă accelerarea.

electronilor pe protoni şi defecţiuni în optica sistemelor de injecţie, care face ca să nu se poată asigura fascicule absolut paralele. Respingerea coulombiană ce apare în grup şi fascicul duce şi ea tot la instabilitate.

Asigurarea stabilităţii radiale a fasciculului electronic este o problemă relativ uşoară. Dacă fasciculul se mişcă într-un cîmp magnetic exterior (de exemplu longitudinal) atunci din cauza focalizării oscilaţiile radiale vor fi limitate. Acelaşi efect îl are şi sarcina spaţială a fasciculului de electroni, în cazul cînd fascicolul are intensitatea mare. Cîmpul electric creiat de aceste sarcini este în măsură să asigure stabilitatea radială a grupului de protoni. Problema cea mai dificilă o reprezintă însă asigurarea stabilităţii axiale a grupului de protoni acceleraţi. În lucrările sale M.S. Rabinovici a arătat că dacă intensitatea fasciculului de electroni este modulată, atunci în cazul anumitor relaţii între densitatea fasciculului electronic, frecvenţă de modulare şi numarul de particule în grupul accelerat, grupul de protoni va fi focalizat axial cînd se află în ventrele de densitate şi este defocalizat cind ajunge în noduri. Această focalizare axială este asemănătoare focalizării intense. Una din propietăţile cele mai importante ale acestui tip de accelerator este că, în cazul cînd durata accelerării este scurtă, pot fi accelerate şi grupuri nestabile de particule deoarece în timpul accelerării dimensiunile liniare ale grupului nu se schimbă considerabil.

Ca sistem de injecţie poate fi folosit un clistron ionic de mare putere. În clistron ionii se grupează după viteză, ceea ce este extrem de important, deoarece ei fiind mai monoenergetici nu se vor împrăştia mult, şi spaţiul pe care-l ocupă va fi minim. Clisronul ionic va lucra cu un raport semnal/pauză foarte mic. Un clistron de 5 MW lucrînd în impulsuri scurte de 10^{-9} —10^{-10} secunde va putea furniza grupuri compacte de protoni. Dacă energia protonilor este circa 250 keV viteza protonilor va fi sub 10^7cm/s. Pentru lăţimea impulsului de 10^{-10} s, lungimea axială a impulsului $s = v\tau$ este de 10^{-3} cm.

Introducînd un sistem de focalizare radială după rezonator majoritatea particolelor din grup va fi concentrată într-un spaţiu de 2.10^{-4} cm^3, ceea ce corespunde la o concentraţie de 10^{20} protoni pe cm^3.

Un cîmp magnetic (prizma magnetică) curbează şi introduce fasciculul în tubul de accelerare. Acesta este un tub metalic din material nemagnetic de cîţiva metri lungime. De-a lungul tubului se află bobina care asigură focalizarea fasciculului.

Ca generator de fascicul electronic poate fi folosit un tub special cu curent de intensitate mare în care electronii sînt acceleraţi pînă la energii relativiste. Acest tub asigură şi modularea densităţii fasciculului electronic după legea necesară focalizării axiale ale grupului protonic.

Principiul de accelerare descris mai sus poate fi folosit în special pentru realizarea unor acceleratori ce furnizează curenţi foarte mari şi energii relativ mici.

2. Accelerarea particulelor încărcate prin şoc frontal

Pentru a accelera particole încărcate la energii foarte înalte poate fi folosit principiul accelerării prin şoc frontal.

Dacă o particulă relativistă de masa M_1 loveşte o particulă în repaus de masă M_2, atunci în cazul şocului frontal particula în repaus a cărei masă M_2 satisface condiţia

$$\frac{M_2}{\sqrt{1-\beta^2}} \ll M_1$$

va primi o energie foarte mare

$$W = M_2 \frac{c^2}{1-\beta^2}.$$

„Particula relativistă" cu masa M_1 poate fi formată din N_1 particule cu masa m_1, iar „particula în repaus" din N_2 particule cu mase m_2.

Dacă este satisfăcută inegalitatea

$$N_1 m_1 > N_2 m_2 / \sqrt{1-\beta^2},$$

dacă dimensiunile liniare ale grupurilor sînt mici şi dacă şocul este frontal, nu va avea loc excitaţia individuală a particulelor din grupuri şi grupurile se vor comporta ca două particule clasice.

Pentru ca şocul să fie frontal trebuie să fie satisfăcută inegalitatea.

$$p \ll \frac{N_1 N_2 e}{m_0 c^2}$$

unde

$$m_0 = \frac{m_1 m_2 N_1 N_2}{\sqrt{1-\beta^2}\, m_1 N_1 + m_2 N_2},$$

p este parametrul de şoc, iar m_0 masa redusă.

Dacă de exemplu grupul în repaus este format din protoni, iar grupul relativist din electroni, atunci pentru

$$\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = 10^2$$

fiecare proton va primi o energie

$$W = m_2 \frac{c^2}{1-\beta^2} \sim 10^{13} \text{ eV}.$$

După cum se vede nu este nevoie de existenţa permanentă a unor grupuri puternic concentrate, este suficient ca timpul cît aceste particule sînt incluse într-un volum foarte mic să fie mai mare decît timpul şocului.

Bineînţeles grupurile pot fi formate nu numai din electroni şi protoni. În locul grupului relativist din electroni pot fi folosite zone de plasmă cuasineutră care au fost accelerate la viteze relativiste.

O soluţie tehnică a unei asemenea instalaţii este arătată în fig. 1. Ea constă dintr-un sistem de injecţie, care generează grupurile de protoni. Magnetul deflector introduce aceste grupuri în

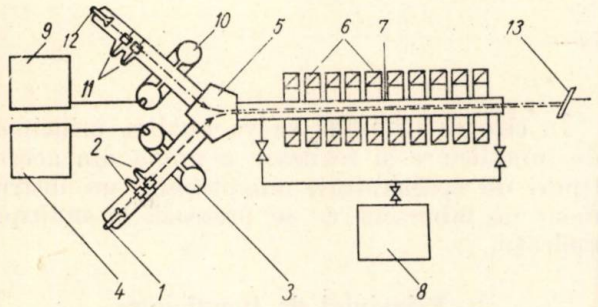


Fig. 1. Schema unei instalaţii experimentale pentru accelerarea particulelor încărcate prin şoc frontal (variantă): *1*—tun electronic; *2*—electrozi de focalizare; *3*—rezonator pentru modulare şi accelerare; *4* — generator de înaltă frecvenţă; *5* — magnet prismatic; *6*—solenoid; *7*—tub de accelerare; *8* — pompe de vid; *9* — generatorul de înaltă frecvenţă al injectorului de protoni; *10* — rezonator-accelerator; *11*—electrozi de focalizare.

tubul de accelerare, care este vidat. În exteriorul tubului sînt montate trei perechi de lentile electromagnetice ce servesc la focalizarea radială a fasciculului. Sursa de electroni relativişti este un clistron electronic care furnizează grupuri de durată scurtă 10^{-9}—10^{-10} secunde. Electronii sînt accelerați pînă la energia de circa 500 eV.

3. Accelerarea grupurilor cuasineutre cu ajutorul unei unde electromagnetice

O undă electromagnetică plană, a cărei densitate de energie este $E^2 + H^2/8\pi$ exercită asupra unui electron o forţă

$$F = \sigma_T (E^2 + H^2)/8\pi$$

σ_T fiind secţiunea de difuzare Thomspon.

$$\sigma_T = \frac{8\pi}{3} r_0^2$$

unde r_0 = raza clasică a electronului.

Forţa F este foarte mică, însă dacă numărul electronilor va creşte de N ori, forţa rezultantă devine de N ori mai mare

$$F_\Sigma = NF$$

N fiind numărul electronilor.

Avantajul pe care îl prezintă această metodă de accelerare este acela de a accelera grupuri cuasineutre, care sînt formate din aproximativ acelaşi număr de electroni şi ioni. Astfel se înlătură una dintre cele mai mari greutăţi ale principiului coherent : respingerea coulombiană a particulelor ce formează grupul. Se pare că această metodă de accelerare este cea mai importantă din cele prezentate mai sus. Pînă în prezent s-a experimentat un număr mare de instalaţii a căror funcţionare se bazează pe principiul accelerării în plasmă.

În anul 1956 la conferinţa „Fizica particulelor de energii mari", ţinută la Moscova, au fost prezentate cîteva lucrări privind aceste realizări.

Grupul de la Institutul fizico-tehnic al Academiei de ştiinţe Ucrainiene a prezentat un studiu asupra posibilităţilor asigurării simultane a stabilităţii radiale şi de fază, în ghiduri de undă cu plasmă.

I.B. FEINBERG. [6] propune utilizarea ghidului de undă cu plasmă[4]) pentru accelerarea grupurilor de particule încărcate de către unda electromagnetică ce se propagă în acest ghid. Lucrarea cuprinde teoria liniară şi neliniară a propagării undelor electromagnetice în plasmă şi afirmă că în anumite condiţii toată energia electromagnetică este concentrată în interiorul ghidului.

Viteza de fază în aceste condiţiuni este mai mică decît viteza lumini.

Acceleratorii liniari clasici cu undă progresivă practic nu pot fi folosiţi pentru accelerarea protonilor, sau a ionilor grei, deoarece viteza de fază variază într-un domeniu restrîns şi valorile ei sînt apropiate de viteza luminii. Acest lucru impune condiţia ca ionii să fie injectaţi cu energii foarte înalte.

În ghidurile cu plasmă viteza de fază a undei electromagnetice poate varia de la valori mici (corespunzătoare unor viteze ale protonilor de cîteva zeci de keV) şi pînă aproape de viteza luminii, ceea ce înseamnă că ionii pot fi injectaţi direct din sursă şi pot fi accelerați pînă la viteze mari.

Acceleratorii cu ghiduri în plasmă prezintă şi un alt convenient : în ei este asigurată simultan stabilitatea radială şi de fază. Acest lucru este uşor explicabil dacă analizăm distribuţia cîmpului magnetic în plasmă, care creşte spre exterior.

În lucrarea lui G. I. BUTKOR şi A.A. NAUMOV [7] au fost prezentate date experimentale asupra unei instalaţii de tipul betatronului în care s-au obţinut curenţi în impuls de ordinul a zecilor de amperi.

Teoria accelerării coerente este departe de a fi elaborată în toate detaliile ei, totuşi rezultatele obţinute pînă în prezent în instalaţiile experimentale ne îndreptăţesc să presupunem că în viitorul apropiat acceleratorii coerenţi vor apare la o serie de institute de cercetări reprezentînd o unealtă nouă în dezlegarea tainelor nucleului.

---

[4]) Prin ghid de undă cu plasmă se înţelege un recipient în interiorul căruia este generată şi izolată cu ajutorul cîmpului magnetic plasma. Unda electromagnetică se va propaga în interiorul plasmei, iar fenomenele de propagare vor depinde în întregime de geometria şi proprietăţile plasmei.

BIBLIOGRAFIE

[1] COURANT, E., LIVINGSTON, S., SNYDER, H. : Phys. Rev, 88 (5) 1190 (1952)

[2] KOLOMENSKI, A. A., PETUHOV, V. A., RABINOVICI, M.S. : comunicare 1953 (nepublicat)

[3] VLADIMIRSKI, V. U., TARASOV, E. K. : *O vazmojnosti ustranenia oriticeskoi energhii v uscoritele s jestcoi focorirovcoi.* A. N., Moscova 1955.

[4] VECSLER, V. I. : *Ispolzovanie cogherentnogo uzaimodeistvia neitralnih sugstcov o electromagnitnoi volnoi.* FIAN SSSR, 1955 (nepublicat).

[5] VECSLER, V. I: *Cogherentnii prinţip uscorenia zariajenit ciastiţ.* Atomnaia energhia, III (1957) 5.

[6] FEINBERG, I. B.: *Peremenno fazovaia focusirovca i ispolzovanie plazme-onih volnovodov dlia uscorenia ciastit.* Moscova-Harkov 1956 (nepublicat).

[7] BUDKER, G. I., NAUMOV, A. A. : *Teoreticeskie i experimentalnie dannie pe stabilizirovannanu electronno nu pucicu.* Moscova 1956 (nepublicat).

ION TEODORESCU*)

Microtronul

1. Introducere

CZ 621.384.611 :537.122

Acceleratorii de particule elementare au dat posibilitatea, prin obţinerea unor particule cu energii mult mai mari decît cele produse de radioactivitatea naturală, să se studieze proprietăţile nucleului atomic şi să se verifice experimental concluziile fizicii teoretice asupra structurii materiei. Creşterea continuă a energiei proiectilelor atomice este o necesitate esenţială pentru fizica nucleară contemporană şi aceasta explică tendinţa actuală în tehnica acceleratorilor, de a construi maşini şi a elabora noi principii de accelerare, care să permită obţinerea de energii cît de mari.

Acceleratorii de energii înalte prezintă însă interes doar pentru cercetarea fizică, nu şi pentru eventuale aplicaţii tehnice, pe deoparte pentrucă reacţiile cu particule de mare energie nu şi-au găsit încă utilizarea în practică, pe de altă parte, pentrucă dimesiunile, complexitatea şi costul acestor maşini, le fac inaccesibile, chiar pentru ţări cu economie avansată.

Pentru utilizările în ştiinţă şi tehnică ale radiaţiilor de energie medie (pînă la cîteva zeci de MeV) se pot folosi cu succes unele tipuri de acceleratori, în special pentru electroni, care prezintă o serie de avantaje ce fac în anumite cazuri, să fie preferaţi altor surse de radiaţii. Cîteva din aceste avantaje sînt :

a) Acceleratorul este o sursă de radiaţii de un singur tip. Energia şi intensitatea radiaţiei sînt în general reglabile în limite largi şi odată stabilit un regim de funcţionare, ele se pot păstra practic un timp indefinit.

b) Iradierea poate fi pornită şi oprită după dorinţă.

c) Se poate obţine un fascicul intens de radiaţii, concentrat într-o singură direcţie.

d) Operaţiile de pornire şi reglaj pot fi executate de la distanţă, asigurîndu-se în acest fel o bună protecţie a personalului de deservire.

*) Ing. I. TEODORESCU este şef de laborator la Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R.

În cele ce urmează se va analiza principiul de funcţionare şi realizare a unuia din aceste tipuri de acceleratori, microtronul, un instrument de laborator ce se pretează la multiple aplicaţii.

2. Principiul de funcţionare

Microtronul este un ciclotron de electroni, adică lucrează cu cîmp magnetic şi frecvenţă constante, însă accelerează particule relativiste.

La ciclotronul clasic, nerelativist, perioada de rotaţie a particulelor este :

$$T_0 \frac{2\pi m_0}{Z e B} \qquad (1)$$

în care m_0 este masa de repaus a particulei, $Z.e$ reprezintă sarcina electrică totală iar B inducţia magnetică.

Dacă energia cinetică W_k a particulelor nu este neglijabilă în raport cu energia de repaus $W_0 = m_0 c^2$, atunci trebuie făcută corecţia de masă

$$m = m_0 (1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}} = m_0 \left(1 + \frac{W_k}{W_0}\right). \qquad (2)$$

La electroni, $W_0 = 510$ keV, aşa încît creşterea de masă este simţitoare chiar la energii mici şi perioada de rotaţie creşte în timpul procesului de accelerare. Pentru menţinerea sincronismului, se poate varia în mod corespunzător frecvenţa cîmpului electric accelerator sau valoarea cîmpului de inducţie.

În cazul microtronului, ambele mărimi rămîn constante, însă creşterea perioadei de rotaţie a electronilor este de aşa manieră încît la fiecare trecere prin intervalul accelerator tensiunea de accelerare are valoarea dorită.

Electrodul de accelerare este o cavitate rezonatoare, avînd o perforaţie în mijloc, prin care trec electronii şi sînt accelerati în cîmpul electric de înaltă frecvenţă ce se creiază în interiorul cavităţii. Aceasta este aşezată la o extremitate a camerei de accelerare, întrucît diferitele orbite succesive ale electronilor, au rază din ce în ce mai mare şi sînt cotangente în dreptul fantei de accelerare (fig. 1).

Cîmpul accelerator este sinusoidal iar tensiunea ce apare între buzele fantei, este

$$u = U_0 \cos 2\pi \frac{t}{T} \cdot \qquad (3)$$

Presupunem că electronii intră prima dată în fantă cu viteză nulă (sau foarte mică) la

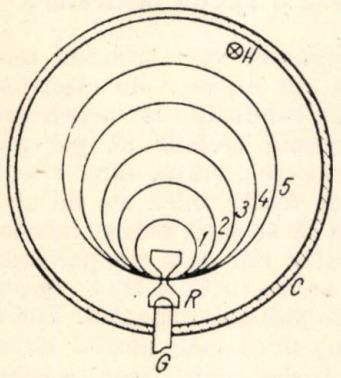


Fig. 1. Principiul accelerării în microtron:
C – camera de accelerare;
G – ghid de undă;
R – rezonator.
Cîmpul magnetic *H*, este perpendicular pe planul figurii.

timpul t_k (fig. 2), cînd tensiunea are valoarea

$$U_k = U_0 \cos 2\pi \frac{t_k}{T} = U_0 \cos \varphi_k \qquad (4)$$

şi că aceasta este situaţia de sincronism, adică la fiecare trecere ulterioară prin fantă, electronii vor întîlni tensiunea de accelerare în aceiaşi fază. Creşterea de energie după fiecare trecere prin fantă, este eU_k, astfel încît după n rotaţii, perioada particulelor va fi:

$$T_n = T_0\left(1 + \frac{W_k}{W_0}\right) = \frac{2\pi m_0}{e B}\left(1 + \frac{n e U_k}{W_0}\right) \qquad (5)$$

iar după $n + 1$ rotaţii

$$T_{n+1} = \frac{2\pi m_0}{e B}\left(1 + \frac{(n+1) e U_k}{W_0}\right). \qquad (5')$$

Pentru ca să fie îndeplinită condiţia de sincronism trebuie ca perioada orbitei de ordinul $n + 1$ să fie mai mare decît perioada de ordinul n cu un număr întreg b de perioade ale tensiunii de radiofrecvenţă.

$$\tau = b\,T = T_{n+1} - T_n = \frac{2\pi U_k}{c^2 B}. \qquad (6)$$

Prima orbită trebuie de asemeni să fie efectuată într-un timp egal cu un număr întreg a de perioade de radiofrecvenţă

$$T_1 = a\,T = \frac{2\pi m_0}{e B}\left(1 + \frac{e U_k}{m_0 c^2}\right) \qquad (7)$$

Eliminînd pe T din (6) şi (7), rezultă

$$e U_k = m_0 c^2 \frac{b}{a - b} = W_0 \xi. \qquad (8)$$

ξ este un număr raţional deoarece a şi b sînt întregi şi trebuie să fie pozitiv deoarece este vorba de un cîştig de energie cinetică. Rezultă condiţiile

$$a \geqslant 2$$

$$b \geqslant 1$$

şi $a - b = \eta$, tot un întreg pozitiv.

Valoarea cîmpului B necesar se poate calcula din (6) şi (8)

$$B = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{m_0}{e(a-b)} = \frac{\omega m_0}{\eta e} \cdot \qquad (9)$$

Raza de curbură a traiectoriei este dată de relaţia cunoscută

$$r = \frac{m v}{e B} = \frac{\sqrt{W^2 - W_0^2}}{c e B} \qquad (10)$$

în care v e viteza liniară a electronului şi $W = W_0 + W_k$, energia totală. Pentru orbita n

$$r_n = \frac{c\eta}{\omega}\sqrt{n^2 \xi^2 + 2n\xi} \qquad (11)$$

Energia cinetică finală, după n accelerări

$$W_k = n \xi W_0. \qquad (12)$$

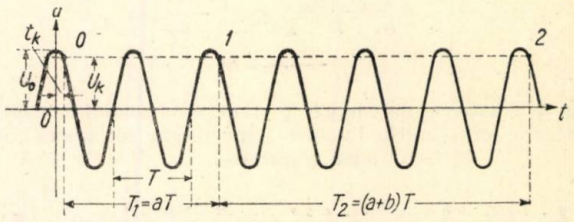


Fig. 2. Relaţii de fază pentru electronul sincron. Punctele indicate prin săgeţi cu *0*, *1*, *2*, reprezintă momentele trecerii unui electron prin fantă înainte de a parcurge orbitele *1*, *2* şi *3*.

3. Stabilitatea de fază şi focalizarea

Consideraţiile de mai sus au fost făcute pentru cazul particulelor ce sosesc în fantă cu faza corectă şi cîştigă după fiecare trecere energia $eU_k = \xi W_0$. Conform principiului autofazării, electronii care sosesc mai devreme sau mai tîrziu pot fi deasemeni accelerați, aceştia primind la diferitele treceri succesive, porţii mai mici, alternate cu porţii mai mari de energie decît ξW_0.

Dacă mai facem ipoteza că în fantă cîmpul electric este paralel cu tangenta comună la orbite şi că dimensiunea intervalului accelerator este foarte mică faţă de lungimea orbitei, considerînd că un electron trece prin rezonator după orbita n la o fază φ_n cu o energie ξW_0 $(n + \Delta\xi_n)$, se poate scrie în acest caz o relaţie de recurenţă [2].

Avem

$$\varphi_{n+1} = \varphi_n + 2\pi\Delta\xi_n \qquad (13)$$

şi

$$\Delta\xi_{n+1} = \Delta\xi_n + A\frac{\cos\varphi_{n+1}}{\cos\varphi_k} - 1 \qquad (14)$$

De unde rezultă

$$\varphi_{n+2} + 2\varphi_{n+1} - \varphi_n + 2\pi\left(A\frac{\cos\varphi_{n+1}}{\cos\varphi_k}\right) - 1 \qquad (15)$$

A, este un factor subunitar, ce tinde către 1 cînd lungimea drumului prin fantă devine foarte mică.

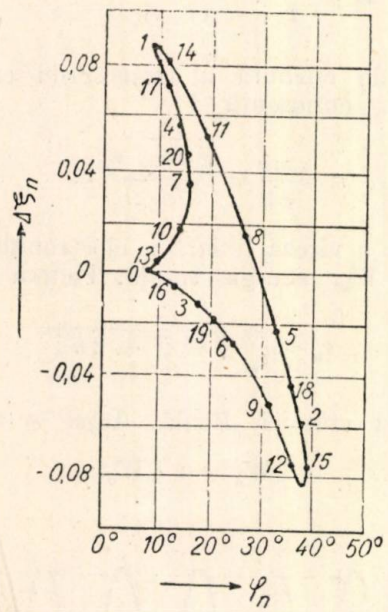


Fig. 3. Abaterea de energie şi faza electronului la treceri succesive prin fantă. Punctele numerotate corespund orbitelor respective.

În fig. 3 se arată, după Henderson, ş.a. [2], punctele figurative (φ_n, $\Delta\xi_n$) ale diferitelor treceri succesive prin fantă, pentru o anumită valoare a fazei de sincronism, φ_k. Se observă că toate punctele sînt aşezate pe o curbă închisă care este parcursă, dacă se urmăreşte ordinea crescîndă pentru n, în acelaş sens. Dacă curba este deschisă, abaterea de energie creşte incontinuu şi nu se mai obţine autofazarea.

Din examinarea curbei, se poate constata că există fluctuaţii ale fazei, care însă nu pot fi calculate prin trecere la limită, ca în cazul celorlalte tipuri de acceleratori de particule relativiste, la care cîştigul de energie pe rotaţie este mic în comparaţie cu energia de repaus, accelerarea făcîndu-se într-un număr foarte mare de rotaţii. La microtron, ξ este de obicei de ordinul unităţii iar numărul de orbite rareori este mai mare de 20, deci nu se poate vorbi de oscilaţii de fază.

Focalizarea fasciculului este exclusiv electrică întrucît orbitele ne fiind concentrice, nu se poate folosi un cîmp magnetic focalizat ca la ciclotronul clasic. Cîmpul magnetic trebuie să fie uniform pe toată aria celei mai mari orbite utilizate, deci componenta radială (focalizantă) trebuie să fie nulă. Se constată experimental că valoarea curentului variază foarte puţin de la o orbită la alta, ceea ce arată că focalizarea electrică e satisfăcătoare.

4. Sursa de electroni şi ejecţia fasciculului

Un avantaj important al microtronului este acela că nu necesită un injector de electroni special construit. Din condiţiile de accelerare rezultă clar că electronii trebuie să parvină în fantă, pentru prima accelerare, fără viteză iniţială, sau cu viteze foarte mici. Pe de altă parte injecţia trebuie să se facă numai într-un interval de timp relativ mic faţă de perioada de radiofrecvenţă şi anume atunci cînd cîmpul are valori apropiate de valoarea maximă. Toate aceste consideraţii arată că este posibil să se utilizeze emisiunea autoelectronică (rece) a pereţilor fantei de accelerare.

În acest caz, densitatea de curent este dată de relaţia cunoscută :

$$j = g\,C_1(BE)^2\,\varepsilon - \frac{C_2}{BE} \qquad (16)$$

g, C_1 şi C_2 fiind constante ce depind de natura materialului şi a suprafeţei, iar B, denumit coeficient de cîmp, este un factor supraunitar, exprimînd raportul dintre valoarea maximă a cîmpului şi valoarea calculată în ipoteza unei suprafeţe perfect netede. Valoarea acestui coeficient variază între 1,5—2.

Cu $\xi \geqslant 0{,}5$, se pot uşor obţine în fante cu interval de accelerare de 5—10 mm, valori ale cîmpului electric de ordinul $(1 \div 5) \cdot 10^6$ V/cm ceea ce determină un curent suficient de emisiune autoelectronică, de ordinul miliamperilor.

Fasciculul poate fi folosit pe orbita finală în interiorul camerei de accelerare, sau poate fi extras în afara cîmpului magnetic şi condus prin tub vidat pînă la ţintă. Pentru ejecţia fasciculului se foloseşte de obiceiu un tub din fier, aşezat cu o extremitate în dreptul orbitei corespunzătoare în aşa fel încît axul tubului să fie tangent la orbită, în punctul care corespunde extremităţii tubului (fig. 4). Dimensiunile tubului trebuie să satisfacă următoarele condiţii :

a) Pereţii tubului trebuie să fie suficient de groşi, pentruca să se poată considera că în interiorul lui cîmpul magnetic este nul.

b) Diametrul interior să fie mai mare decît secţiunea transversală a fasciculului deci mai mare decît secţiune orificiului de accelerare.

c) Diametrul exterior să fie apreciabil mai mic decît distanţa între două orbite, pentruca perturbaţia cîmpului magnetic provocată de tubul de fier în apropierea sa, să nu ducă

la o modificare a razei de curbură a penultimei orbite.

Pentru a vedea dacă aceste condiţii contradictorii pot duce la o soluţie tehnică convenabilă, să calculăm distanţa dintre două orbite succesive, în punctele în care această distanţă

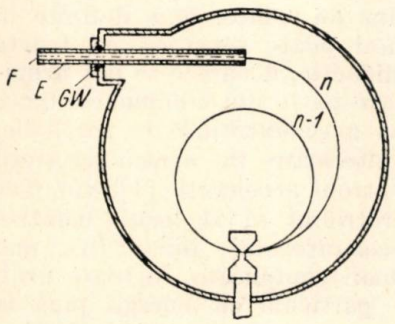


Fig. 4. Extragerea fasciculului de pe orbita de ordinul n:
E – tubul extractor;
F – fereastră pentru ieşirea electronilor în atmosferă;
$G.W.$ – garnitură de etanşare „Wilson" pentru treceri mobile.

este maximă şi egală cu diferenţă diametrelor lor. Aplicînd relaţia (11), avem:

$$d_n - d_{n-1} = \frac{2c\eta}{\omega}\left[\sqrt{n^2\xi^2 + 2n\xi} - \sqrt{(n-1)^2\xi^2 + 2(n-1)\xi}\right] \qquad (17)$$

Considerînd un caz particular mai frecvent:

$$\eta = \xi = 1,$$

$$d_n - d_{n+1} = \frac{2c}{\omega}\left(\sqrt{n^2+2n} - \sqrt{n^2-1}\right) \qquad (17')$$

Pentru $n > 10$ putem scrie $n^2 + 2n \approx (n+1)^2$ şi $n^2 - 1 \approx n^2$ şi (17') devine:

$$d_n - d_{n-1}\frac{2c}{\omega} = \frac{\lambda}{\pi} \qquad (17'')$$

Dacă se ţine seamă de divergenţa fasciculului, tubul trebuie să fie puţin conic, cu secţiune crescîndă spre exterior. Conicitatea este de obiceiu foarte mică, sub 5%.

5. Construcţia

Elementele constitutive ale unui microtron vor fi prin urmare:

a) electromagnetul;

b) camera de accelerare conţinînd rezonatorul;

c) generatorul de înaltă frecvenţă care alimentează printr-un ghid de undă cavitatea rezonatoare;

d) tubul de ejecţie.

Cîmpul electromagnetului trebuie să poată fi reglat la valoarea dorită şi apoi această valoare trebuie menţinută constantă în timpul funcţionării. Se poate folosi în acest scop un stabilizator electronic care compară tensiunea de pe o rezistenţă străbătută de curentul de magnetizare cu o tensiune de referinţă, comanda de reglaj făcîndu-se pe grilele redresorului.

În paragraful 2 s-a arătat că pot exista mai multe moduri de funcţionare ale microtronului, în funcţie de alegerea parametrilor ξ, η şi ω. O problemă tehnică de primă importanţă, este realizarea unei energii maxime la o rază finală cît mai mică. Expresia razei finale se mai poate scrie din (9) şi (11)

$$r_n = \frac{c\,e}{B m_0}\sqrt{n^2\xi^2 + 2n\xi}. \qquad (18)$$

Din examinarea relaţiilor (9), (12) şi (18) se vede că este de dorit să se realizeze ξ şi ω cît mai mari, iar η cît mai mic. $\xi > 1$ e greu de realizat deoarece necesită puteri de radiofrecvenţă prea mari. Valoarea minimă a lui η este 1. Deobicei, se lucrează cu $\xi = 1$ şi $\eta = 1$.

În acest caz, dacă se alege de exemplu frecvenţa de 10^{10}Hz ($\lambda = 3$ cm), rezultă $B = 3\,560$ G iar după 30 accelerări electronii vor avea o energie cinetică de 15,3 MeV la raza finală $r_{30} = 14{,}9$ cm.

Pentru $f = 3.10^9$ Hz ($\lambda = 10$ cm) este necesar un cîmp $B = 1\,070$ G, iar raza finală pentru aceeaşi energie ca în cazul precedent, este $r_{30} = 49$ cm.

Calculul puterii de radiofrecvenţă necesare, se poate face considerînd impedanţa rezonatorului raportată la fanta acceleratoare. Notăm cu R_d impedanţa rezonatorului şi cu R_e rezistenţa echivalentă ce şuntează fanta: $R_e = \frac{U_0}{I_e}$, în care I_e este fundamentala curentului

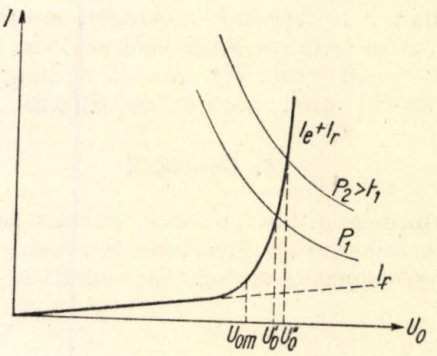


Fig. 5. Caracteristica $I - U$, a rezonatorului, raportată la intervalul accelerator:
I_r – curba ce corespunde rezonatorului neîncărcat (fără fascicul);
$I_e + I_r$ – curba rezultantă în prezenţa emisiunii electronice; P_1 şi P_2 sînt două curbe de putere constantă ale sisteului ($P_2 > P_1$).

de emisiune dat de (16). Puterea se poate scrie:

$$P = \frac{U_0^2}{2R_d} + \frac{U_0^2}{2R_e} = P_r + P'.$$

Dacă se reprezintă suma celor doi curenţi $I_r = \frac{U_0}{R_d}$ şi $I_e = \frac{U_0}{R_e} = f(U_0)$ (fig. 5), se constată că de la o anumită tensiune minimă U_{0m} creşterea puterii determină o variaţie

foarte mică a tensiunii, datorită apariţiei elementului neliniar al descărcării autoelectronice.

Se ajunge la concluzia că există o putere minimă necesară, acea prin care se stabileşte în intervalul accelerator tensiunea de sincronism. Orice creştere a puterii peste această valoare, fără a modifica esenţial valoarea tensiunii, duce la o creştere apreciabilă a

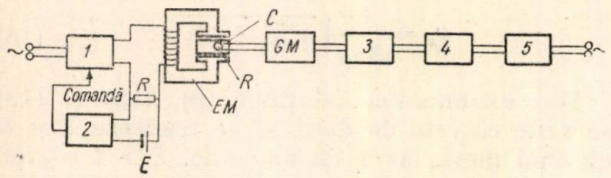


Fig. 6. Schema bloc a alimentării microtronului:
EM — Electromagnetul; *1* — redresor comandat; *2* — amplificator; *E* — element normal de referinţă; *C* — camera de accelerare; *R* — rezonatorul; *G. M.* — generator de radiofrecvenţă cu magnetron; *3* — dispozitiv de manipulare în impulsuri; *4* — sursă de tensiune anodică; *5* — stabilizator de tensiune.

curentului de emisiune, care în acest mod este determinat pentru un sistem accelerator dat de puterea de radiofrecvenţă. Se pot obţine valori ale impedanţei rezonatorului de $1 \div 2M\Omega$. Dacă se lucrează cu $\xi = 1$, puterea minimă necesară este de $50 \div 100$ kW. Trebuie să se ţină seamă de pierderile prin neadaptare, aşa încît trebuie să se ia o valoare cel puţin dublă. Cu un magnetron de 250 kW în impuls, modulat cu o umplere de $\frac{1}{1\,000}$, se poate obţine un curent de fascicul pe orbita finală de ordinul microamperului.

Pentru o funcţionare normală, trebuie să se realizeze în camera de accelerare vid de ordinul 10^{-4}—10^{-5} mm Hg. Acesta se poate obţine cu ajutorul unei pompe de difuzie cu ulei.

6. Concluzii

Exemplele numerice date, permit să se formeze o imagine asupra dimensiunilor şi performanţelor microtronului. El constitue o sursă compactă de radiaţii gama intense, sau prin utilizarea reacţiilor corespunzătoare, de neutroni.

Simplitatea construcţiei şi manipulării îl fac apt pentru utilizări în medicină, biologie, industrie (gamascopie), radiochimie, etc.

Datorită faptului că accelerarea se face într-un număr redus de orbite, bine definite în spaţiu, microtronul poate servi ca un foarte bun instrument didactic, deoarece se pot urmări şi verifica o mare parte din fenomenele fizice care stau la baza acceleratorilor de particule.

Îmbunătăţiri ulterioare în sensul creşterii curentului de electroni acceleraţi [4], vor face probabil ca microtronul să ia locul betatronului [5] şi acceleratorului liniar [6], mai ancombrante şi mai complicate, în toate utilizările necesitînd particule cu energii pînă la $10 \div 15$ MeV.

Un fapt interesant de remarcat, este gruparea de fază a particulelor în urma căreia curentul fasciculului se prezintă sub formă de impulsuri foarte scurte în raport cu perioada de radiofrecvenţă (modulaţia naturală a fasciculului). Microtronul constituie deci un generator de armonici, cu ajutorul căruia se pot studia fenomene din domeniul undelor milimetrice şi submilimetrice.

BIBLIOGRAFIE

[1] KAISER, H. F.: *Microtrons (electron cyclotrons) for X and K band operation.* Journal of the Franklin Institute 257, 1954, 89.

[2] HENDERSON, C., ş.a: *Phase stability of the microtron.* Proceedings of the physical society. Vol. 66, 1953, 41.

[3] BRAUNEN, E., ş.a.: *Beam extraction in the microtron.* Review of scientific instruments, 27, 1956, 833.

[4] MOROZ, E. M.: *Uscoriteli s ustoicivimi sipricasaiucimisia traiectoriami ciastit.* Atomnaia energhia 4, 1958, 238.

[5] HALTRICH, S., LEIBOVICI, I.: *Betatronul.* Automatica şi electronica, 1, 1957, 119.

[6] GRECESCU, M.: *Acceleratoare liniare de electroni.* Automatica şi electronica 2, 1958, 29.

Dispozitiv electronic pentru sudarea polietylenei

CZ 621.365 - 523.8 : 678.742.2.029.43

În industria maselor plastice s-a pus problema realizării diferitelor sortimente, ceea ce implică operații de îmbinare prin sudură. Această problemă și-a găsit rezolvarea prin aplicarea curenților de înaltă frecvență (I.F.), folosind matrițe adecuate scopului propus. Este cunoscut faptul că încălzirea cu ajutorul cîmpului electric de înaltă frecvență este aplicabilă materialelor care prezintă un unghi de pierderi suficient de mare la frecvențe de ordinul zecilor de megaherți. Polietylena este însă un material care nu satisface această condiție. În tabela 1 se prezintă proprietățile polietylenei în comparație cu un alt material plastic tipic — policlorura de vinil.

Tabela 1

Comparație între caracteristici ale polietylenei și policlorurii de vinil

Denumirea materialului	U kV/mm	ε_r	$t_g\delta$	Temperatura de înmuiere °C	Absorbția de apă după 24 h %
Policlorura de vinil	14	3 ÷ 4	0,01 ÷ 0,15 (la 1 MHz)	60 ÷ 70	0,5
Polietylena	40 ÷ 60	2,3 (1 ÷ 100MHz)	0,0005 (1 ÷ 100MHz)	100 ÷ 115	0

Se observă că polietylena se prezintă excelent din punct de vedere electric, avînd o constantă dielectrică bună, o tensiune de străpungere ridicată și un unghi de pierderi foarte mic, chiar la frecvențe înalte (100 MHz); această ultimă proprietate constituie cauza datorită căreia sudura prin curenți de I.F. este practic foarte grea.

Proprietățile sale: coeficient de absorbție nul după o imersiune de 24 ore, prelucrarea ușoară prin extrudere în foi avînd grosimi începînd de la 0,01 mm și cost redus, recomandă polietylena ca un material cu o largă aplicabilitate practică în industria materiilor prime, farmaceutică și a bunurilor de larg consum, pentru ambalarea ermetică a produselor în vederea protejării lor contra umezelii.

Metoda de sudură

Sînt consemnate în literatura de specialitate [1] o serie de metode care nu sînt aplicabile în scopul mai sus precizat. Astfel, procedeul suflătorului de aer cald, încălzit electric sau cu flacără, nu este practic la realizarea într-un timp scurt, a unei suduri pe lungimi mari, ermetică și în același timp elegantă.

Procedeul care presupune un electrod cald (o placă metalică de exemplu) și care realizează sudura prin încălzire și presare ulterioară, este recomandabil doar pentru asamblarea pieselor mari (plăci, tuburi etc.).

Pentru a realiza o metodă practică, trebuie evitat în primul rînd, contactul foilor de polietylenă cu electrodul încălzit, deoarece prin contractarea materialului, apare tendința sa de a adera la electrod. Soluția constă în folosirea unui material termoizolant intermediar (fig. 1). În al doilea rînd,

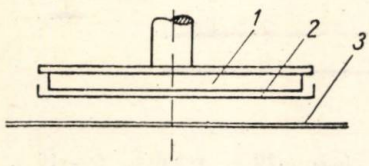


Fig. 1. Metoda de sudură — principiu:
1 — electrod încălzit;
2 — țesătura de sticlă impregnată;
3 — foile de sudat.

electrodul trebuie îndepărtat de pe locul sudat numai după ce sudura s-a răcit. Acest deziderat impune încălzirea intermitentă a electrodului, deci o funcționare în impulsuri.

Realizarea tehnică a acestei metode presupune trei elemente distincte:

1. Generatorul de impulsuri
2. Electrodul de sudură
3. Presa.

(Metoda mi-a fost sugerată de unele informații date în revistele de specialitate [2], [3]).

1. **Generatorul de impulsuri.** Adoptînd pentru electrod o încălzire prin rezistență electrică, generatorul va trebui să asigure impulsurile de tensiune necesare alimentării electrodului de sudură, adică va asigura o funcționare ca în fig. 2.

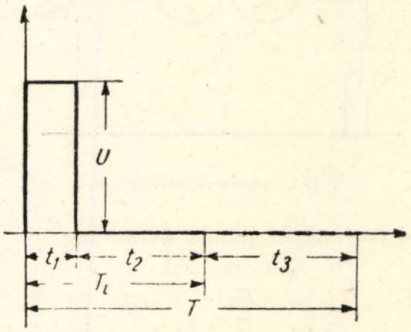


Fig. 2. Diagrama funcționării dispozitivului.

El trebuie să permită reglarea timpului de sudură t_1, respectiv durata impulsului, precum și reglarea timpului de răcire t_2.

Perioada T_i corespunzătoare celor doi timpi nu este practic perioada de repetiție a impulsurilor, căci mai intervine timpul t_3 necesar operatorului, ce deservește dispozitivul, să înlocuiască piesa sudată prin noua piesă de sudat, numai în acest moment generatorul va da din nou un impuls. S-ar putea deci considera periodizarea operației de sudură, a cărei perioadă T este:

$$T = T_i + t_3 \quad \text{iar} \quad T_i = t_1 + t_2.$$

Pentru grosimi de material cuprinse între 0,01 ÷ 0,2 mm este suficient un reglaj al timpului de sudură t_1, cît și al timpului de răcire t_2, cuprins între 0 — 10 s.

În cele ce urmează, vom prezenta pe scurt, descrierea generatorului:

a) *Transformatorul de sudură.* Dat fiind faptul că distorsionarea impulsurilor nu are practic nici o importanță și că este necesară o putere de vîrf de ordinul sutelor de wați, cel mai simplu mijloc de obținere a impulsului este folosirea unui transformator obișnuit, alimentat de la rețea. Acest transformator, impropriu denumit „de sudură" se dimensionează în funcție de electrodul de sudură.

Pentru a putea fi adaptat la electrozi de diferite lungimi, secundarul va fi prevăzut cu prize. Puterea de vîrf la care se dimensionează transformatorul este puterea solicitată de electrodul cel mai lung. La dimensionarea înfășurărilor se va ține seama de funcționarea intermitentă în impulsuri.

Comanda transformatorului se realizează cu ajutorul unor relee electronice de timp.

b) *Releul de timp.* Releul electronic (fig. 3) constituie soluția cea mai simplă, cea mai ieftină și mai puțin ancombrantă în acest caz. Releul pe care îl utilizează este un releu electromagnetic de curent continuu, care anclanșează la un curent mai mare de 10 mA [4].

Cînd grila triodei din dreapta este conectată pe poziția *1*, aceasta nu conduce — dat fiind negativarea determinată de repetorul catodic constituit de trioda din stînga; în acest caz, condensatorul C se încarcă la tensiunea $U_{c_3} = E_a$.

Cînd grila va fi conectată pe poziția *2*, condensatorul C se va descărca pe potențiometrul P și în momentul cînd potențialul grilei va atinge valoarea de tăiere U_g^* trioda va începe să conducă și releul va anclanșa.

Potenţialul ambelor grile se stabileşte aproximativ la zero. Schema permite două posibilităţi de reglare a timpului : prin constanta de timp $\tau = CR$ şi prin divizorul de tensiune R_1, R_2 de la intrarea triodei din stînga (Pentru simplificare, reglajul se va efectua numai asupra constantei de timp τ).

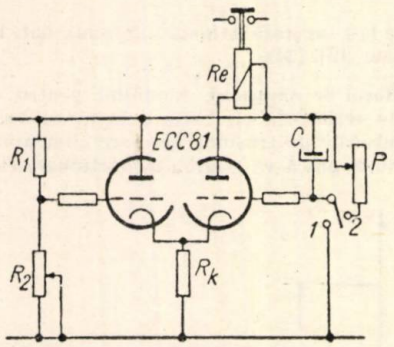


Fig. 3. Schema releului de timp.

Ecuaţiile funcţionării primei triode sînt [6].

$$i_a = f(u_a, u_g)$$
$$u_a = E_a - R_k i_a$$
$$u_g = U - R_k i_a$$
$$U = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_a$$

Notaţiile sînt conforme fig. 3.

$U_k = 140$ V. După conectarea grilei pe poziţia 2, avem că :

$$u_{gII} = - u_c + E_a - U_k .$$

Procesul devine cumulativ din momentul cînd se atinge potenţialul de tăiere :

$$u_{gII} = U_g^*$$

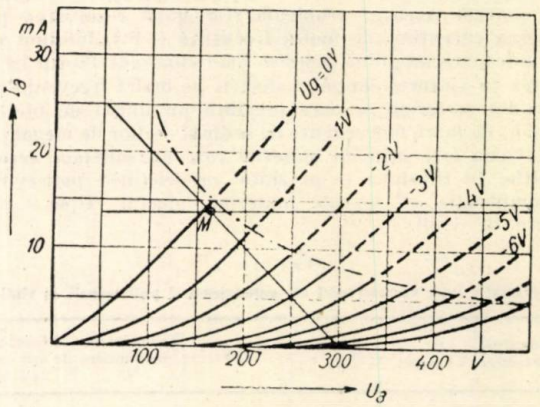


Fig. 4. Rezolvarea grafică a funcţionării primului etaj.

Deci :

$$U_g^* = - U_c^* + E_a - U_k$$

$$U_c^* = U_{co} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_{co} = E_a$$

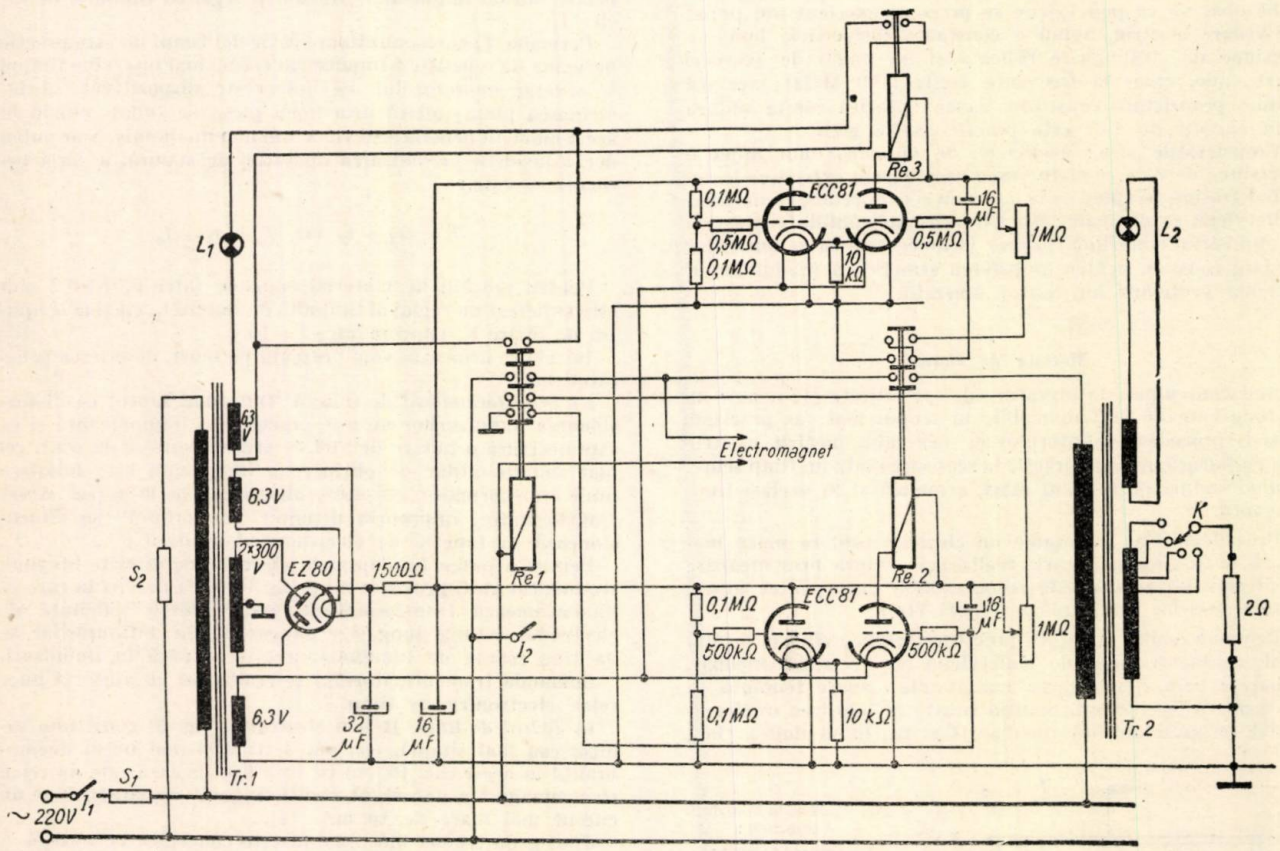


Fig. 5. Schema de principiu a generatorului de impuls.

Rezolvarea grafică a funcţionării, pentru cazul cînd $E_a = 300$ V, $\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0{,}465$ este dată în fig. 4 ; rezultă pentru tensiunea de polarizare a triodei din dreapta valoarea

Întrucît : $u_g^* = 3$ V $t_{max} = 10$ s rezultă $\tau = 16$ s.

Alegînd $R = 1$ MΩ, rezultă o valoare $C = 16$ μF.

c) *Sistemul de semnalizare.* Pentru operator este necesar să se semnalizeze timpul cît se efectuează sudura şi timpul de

răcire, după care se extrage piesa sudată. Această semnalizare se realizează optic prin două indicatoare : unul roş şi unul verde.

d) *Schema de principiu.* Această schemă este reprezentată în fig. 5. Pe scurt funcţionarea este următoarea : la închiderea întreruptorului principal I, generatorul este conectat la reţea şi indicatorul verde este iluminat. La închiderea presei, se închide simultan întreruptorul I_2 ; releul R_{e1} anclanşează şi se produc : stingerea indicatorului verde, iluminarea indicatorului roş, ceea ce concide cu obţinerea impulsului la bornele de ieşire. După trecerea timpului de sudură t_1, releul electronic anclanşează releul R_{e2}, care la rîndul său stinge indicatorul roş, şi acţionează cel de al doilea releu electronic. După trecerea timpului de răcire t_2, releul electronic determină anclanşarea releului R_{e3}, care condiţioneză reaprinderea indicatorului verde ; în acest moment, operatorul deschide presa şi deci, simultan, deschide întreruptorul I_2.

Comutatorul K permite adaptarea generatorului la electrozi de diferite lungimi.

2. **Electrodul de sudură.** În ansamblul său, electrodul de sudură trebuie să satisfacă două condiţii :

a) rezistenţa electrică să nu fie pusă în contact direct cu materialul de sudat ;

b) să se răcească repede, după ce se anulează impulsul.

Prima condiţie este satisfăcută folosind ca intermediar un material termoizolant indigen şi anume ţesătura de sticlă impregnată, produs al fabricii „Electroizolantul" şi a cărei grosime să nu depăşească 0,2 mm.

A doua condiţie este satisfăcută folosind drept rezistenţă electrică nicromul sau kantalul, care au proprietatea de a disipa căldura într-un timp scurt.

După unii autori [1], temperatura pe care trebuie să o atingă locul sudurii este de aproximativ 280°C. Pentru atingerea acestei temperaturi este indicat ca sudura să se efectueze între doi electrozi (fig. 6). Rezistenţa electrică trebuie să

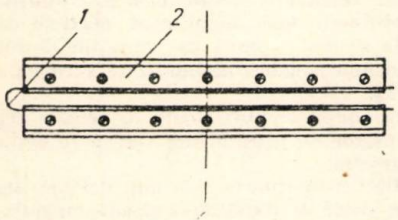


Fig. 6. Electrozii de sudură : *1*—rezistenţa electrică : *2*—electrod :

prezinte o secţiune dreptunghiulară (bandă), cuprinsă între 0,2÷0,5 mm². În fig. 7 se prezintă o secţiune prin electrod ; se constată că — în principal — transmisia de căldură, se realizează prin conducţie atît spre materialul de sudat, cît şi

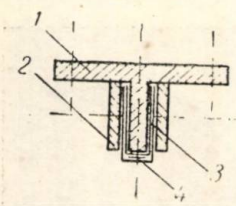


Fig. 7. Electrodul de sudură (secţiune) : *1* — placa de bază ; *2* — placa de fixare a izolaţiei ; *3* — izolaţia ; *4* — rezistenţa electrică.

spre electrodul propriu-zis şi suportul acestuia, ceea ce constituie o pierdere de căldură.

Se poate aprecia printr-un calcul estimativ înălţimea impulsului de tensiune ; să presupunem că se realizează o sudură de 250 × 4 [mm²] a două foi de polietylenă, avînd 0,1 mm grosime, într-un timp $t_1 = 3$ s. În acest caz avem :

a) Cantitatea de căldură Q , necesară sudurii :

$$Q_s = c_{[\text{cal/kg°C}]}\ G_{[\text{kg}]} \cdot \Delta T_{[\text{°C}]}\ [\text{cal}]$$

Cunoscînd

$c \approx 0{,}6$ kcal/kg — căldura specifică a polietylenei,
$\delta = 1{,}5$ kg/dm³ — greutatea specifică a polietylenei ;
$\Delta T = 200$°C — diferenţa medie de temperatură,

Rezultă : $Q_s = 36$ cal.

b) Cantitatea de căldură Q_p (cedată prin conducţie părţii metalice electrodului şi presei) [6] :

$$Q\ [\text{kcal/h}] = \frac{\lambda[\text{kcal/mh°C}]}{d\ [\text{m}]}\ (\theta_1 - \theta_2)\ [\text{°C}] \cdot S[m^2]$$

unde :

s este suprafaţa perpendiculară pe direcţia transmisiei căldurii ; d — grosimea peretelui (termoizolantului) ($d = 0{,}2$ mm) ; λ — conductibilitatea termică ($\lambda \approx 0{,}1$ kcal/mh°C).

Rezultă : $Q'_p = 200$ kcal/h

$$Q'_p = Q\ [\text{kcal/h}]\ .\ t\ [\text{h}] = 200\ .\ \frac{3}{3600} = 0{,}166\ \text{kcal}.$$

c) Cantitatea totală de căldură dezvoltată de rezistenţa electrică este, conform calculului aproximativ efectuat :

$$Q \approx Q_s + Q'_p = 202\ \text{cal}.$$

d) Energia dezvoltată de rezistenţa electrică :

$$E = R \cdot I_{ef}^2 \cdot t = 846\ j$$

$$R = \rho \frac{1}{s} = 1{,}5 \cdot \frac{0{,}6}{0{,}45} = 2\Omega$$

$$t = 3s$$

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{E}{R \cdot t}} = 11{,}9\ \text{A}.$$

$$U_{ef} = RI_{ef} = 23{,}8\ \text{V}.$$

Rezultatul obţinut este sensibil egal cu cel experimental, $\varepsilon < 10\%$.

3. **Presa.** Presa necesară poate fi de construcţie simplă, acţionată cu piciorul. Ea trebuie să dezvolte o forţă de aproximativ 20 kg/cm². Esenţial este ca acţionarea presei şi a întreruptorului I_2 să se realizeze prin aceeaşi comandă.

Acţionarea presei poate fi realizată cu unul sau doi electromagneţi care în acest caz vor fi controlaţi tot prin întreruptorul I_2 (fig. 5).

Concluzie

Dat fiind că dispozitivul este acţionat printr-o singură comandă şi semnalizarea este optică, operatorul nu trebuie să aibă o calificare specială.

Sistemul permite reglarea timpului de răcire şi a timpului de sudură, permiţînd în medie 200 suduri/h.

Tensiunea impulsului relativ scăzută (zeci de volţi c.a.) nu implică probleme speciale din punct de vedere al protecţiei muncii.

BIBLIOGRAFIE

[1] HAIM, G. şi NEUMANN, J. A. : *Technique de la soudure des matériaux plastiques*,
[2] Plaste und Kautschuk, nr. 8/1956 (R. D. G.).
[3] Canadian plastics, nr. 6/1957.
[4] CAGANOV, I. L. : *Mutatori electronici şi ionici*. Ed. Energetică de Stat, Bucureşti.
[5] TĂNĂSESCU, T. : *Tuburi şi circuite electronice*. Ed. Academiei R.P.R. Bucureşti.
[6] Hütte I.

Ing. D. B.

Stabilizator electronic de tensiune continuă

CZ 621.316.722.1 – 523.8

Aparatul a cărui descriere urmează, a fost realizat sub formă de prototip şi apoi reprodus într-o serie experimentală la Institutul de Cercetări Electrotechnice din Bucureşti.

Schema electrică

Examinînd schema de principiu a stabilizatorului electronic de tensiune continuă, (fig. 1) se observă că este compus din două părţi : a) etajul redresor ; b) etajul stabilizator.

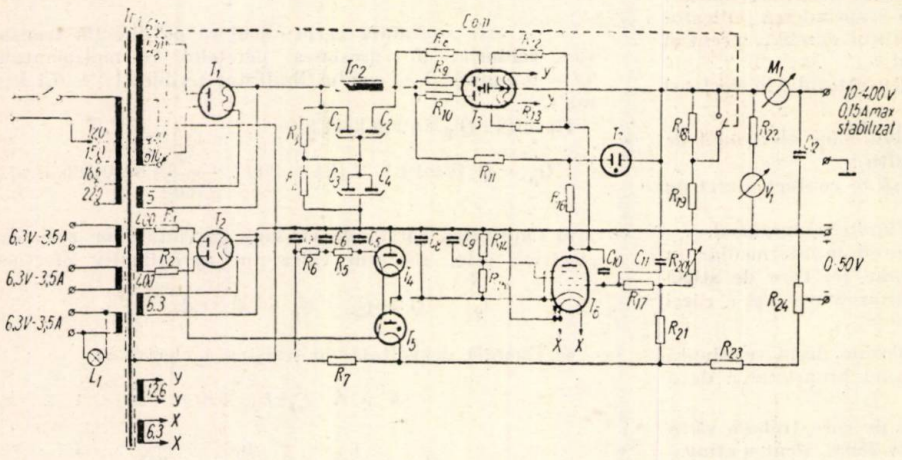


Fig. 1. Schema de principiu a stabilizatorului.

Transformatorul de alimentare al redresorului, este prevăzut cu două înfăşurări distincte de înaltă tensiune. Una din ele împreună cu tubul T_1, constituie sursa de putere, cealaltă împreună cu tubul T_2, alimentează sistemul de referinţă al stabilizatorului.

Dacă pentru filtrarea curentului primului redresor nu a fost necesar să se ia precauţiuni speciale, în schimb filtrajul sursei auxiliare este foarte îngrijit dimensionat, deoarece componenta alternativă în circuitul de referinţă este amplificată de tubul T_6, şi injectată direct în stabilizator, fără a putea fi redusă de bucla de reacţie. În acest scop s-a ales un circuit de tip RC, care în afară de filtraj are proprietatea de a stabiliza variaţiile de tensiune, care nu pot fi atenuate într-un mod corespunzător de un circuit LC. Este de observat că la bornele tuburilor stabilizatoare înseriate, nu s-a prevăzut vreun condensator de filtraj, pentru a preîntîmpina apariţia oscilaţiilor de relaxare.

Stabilizatorul electronic de tensiune se compune din tubul serie T_3 şi tubul T_6 care serveşte la amplificarea reacţiei negative. Tensiunea de referinţă este dată de tubul T_5, T_4 serveşte la stabilizarea tensiunii de ecran a amplificatorului de reacţie T_6.

Drept tub serie, s-a ales o dublă tetrodă cu fascicol dirijat de tipul ГУ 29 avînd caracteristici identice cu 2 tuburi 6P3 sau 6L6 în paralel. Disipaţia anodică a acestuia permite ca sursa să debiteze în condiţiile cele mai defavorabile un curent maxim de 0,15 A. Acest tub este legat în schemă ca triodă. Rezistenţele montate în serie atît cu anodele cît şi cu grilele ecran sînt de valoare mică şi au rolul de a echilibra neegalităţile dintre cele două tuburi legate paralel, împiedicînd supraîncărcarea unuia din ele şi apariţia oscilaţiilor parazitare.

Principiul de funcţionare

Variaţiile tensiunii de ieşire de la bornele stabilizatorului se injectează prin intermediul divizorului rezistiv $R_{12}-R_{21}$, pe grila tubului T_6, a cărui catodă este menţinută la o tensiune fixă cu ajutorul tubului stabilizator T_5. Ele apar amplificate pe rezistenţa de sarcină R_{16}, care branşată între grilă şi catoda tubului serie T_3, ce primeşte deci o negativare variabilă în ritmul fluctuaţiilor tensiunii de ieşire a sursei.

Să presupunem că la bornele stabilizatorului curentul consumat de sarcina exterioară R_s, va creşte. Tensiunea debitată va scădea, ceeace va duce la o creştere a negativării tubului amplificator de reacţie, deci la o micşorare a curentului său anodic şi a căderii tensiunii la bornele rezistenţei de sarcină, respectiv a negativării tubului serie T_3. El va debita un curent mai puternic, întrucît i-a scăzut rezistenţa internă.

În acest fel orice variaţie a tensiunii de ieşire este imediat compensată de sistemul de reacţie, care o menţine la o valoare constantă şi independentă de sarcină.

Spre a se putea regla tensiunea de ieşire, se mută punctul mediu de funcţionare statică a tubului amplificator de reacţie T_6, cu ajutorul potenţiometrului R_{20}.

Deoarece grila de comandă a tubului amplificator de reacţie T_6, este legată printr-un divizor $R_{18}-R_{21}$, rezultă că variaţia de tensiune continuă de la bornele stabilizatorului apare micşorată pe grila tubului amplificator de reacţie. Spre a face ca variaţiile de tensiune alternativă de la bornele stabilizatorului să apară neatenuate pe grila tubului T_6, aceasta este legată cu plusul anodic printr-un condensator de 0,25 mF (C_{11}).

În vederea obţinerii unei bune stabilităţi, este necesar ca etajul de reacţie să dea o amplificare cît mai mare. S-a ales în acest scop un tub de tipul 6Ж4 (6AC7) de pantă mare, a cărui rezistenţă de sarcină a fost dimensionată în vederea obţinerii unei amplificări maxime de tensiune, iar ca acesta să nu depindă de variaţiile destul de substanţiale ale tensiunii anodice nestabilizate, s-a recurs la tubul stabilizator T_7.

Între grila şi anoda lămpii amplificatoare de reacţie T_6 s-a montat un condensator de neutralizare spre a se evita apariţia oscilaţiilor parazite.

Dat fiind că stabilitatea în timp a tensiunii debitate de sursă, depinde în mare parte de stabilitatea raportului rezistenţelor $R_{18}-R_{21}$, acestea au fost bobinate toate cu acelaş material rezistiv. În felul acesta s-a eliminat influenţa variaţiilor de temperatură din carcasa aparatului asupra tensiunii de ieşire.

Un alt element care poate avea influenţă asupra stabilităţii în timp a tensiunii de ieşire, este tubul de referinţă T_5 ;

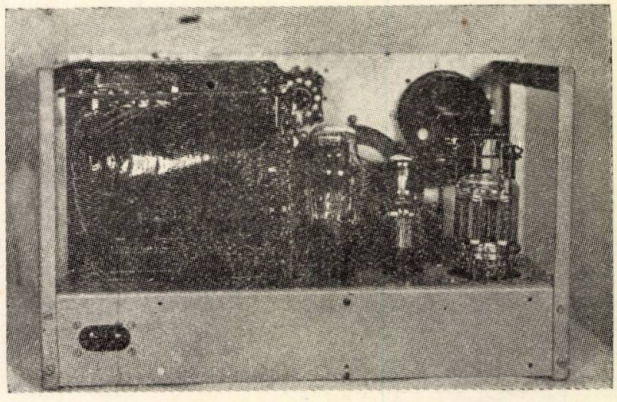


Fig. 2. Vedere interioară a stabilizatorului.

deşi aceste lămpi de tipul VR 105, sînt special concepute ca stabilizatoare, a fost necesară în prealabil o selecţionare după o îmbătrînire de cca. 100 ore, spre a menţine caracteristici stabile în timp.

Din punct de vedere constructiv, acest stabilizator electronic a fost conceput pornind de la premiza realizării unui aparat robust, larg dimensionat şi capabil să facă faţă tuturor

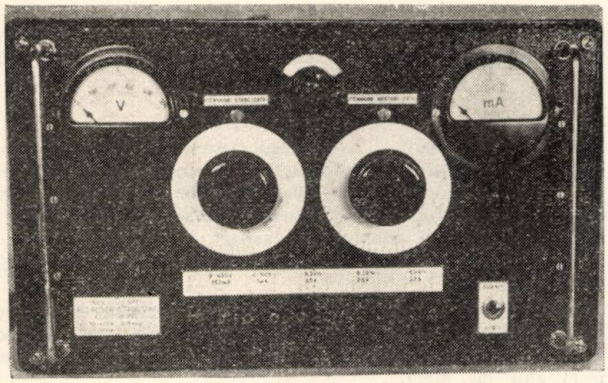


Fig. 3. Vedere exterioară a stabilizatorului.

cerinţelor exploatării. S-au ales piese componente de bună calitate, stabile, care au fost toate verificate în prealabil.

Cele două redresoare cît şi tubul serie au fost plasate spre exteriorul şasiului, asigurînduli-se o bună răcire prin convecţiune. Grupul de rezistenţe şi potenţiometrul bobinat R_{18} — R_{21} a căror stabilitate este importantă, au fost aşezate departe de tuburi.

În vederea obţinerii unei bune rigidităţi mecanice şi a unei posibilităţi uşoare de depanaj, rezistenţele şi condensatorii au fost montaţi pe reglete.

Stabilizatorul este construit pe un şasiu din tablă de fier şi montat într-o cutie din acelaş material, ambele de tipul normalizat ICET.

Spre a se putea reproduce acest aparat în serie, fără a fi prea mult legaţi de import, s-au elaborat şi construit chiar în cadrul Institutului de Cercetări Electrotehnice, o serie de piese ca : bornele de eşire, soclurile pentru tuburile ГУ 29, potenţiometri bobinaţi Ø100 şi Ø50, tolele de transformatori, rezistenţele bobinate, comutatorul de măsură şi butonii. Aceste componente au fost realizate pe bază de scule şi matriţe. Rămîn materiale din import numai tuburile, condensatorii şi rezistenţele chimice.

Performanţe :

Tensiune stabilizată : 10—400 V.
Curent maxim stabilizat : 150 mA.
Tensiune nestabilizată : 0—50 V.
Curent nestabilizat : 1mA.
Rezistenţa internă a sursei stabilizate $< 2{,}5\ \Omega$.
Zgomot de fond < 3 mV.

Domeniul de variaţie al tensiunii de reţea, în care stabilizatorul îşi păstrează caracteristicile : +10 —15%.

Ing. C. G.

COMENTARII

Efectele radiaţiilor asupra aparatelor şi montajelor electronice

CZ 621.37/.38 : 539.169

O dată cu dezvoltarea tehnicii nucleare, s-a pus problema dacă instalaţiile electronice pot funcţiona în cîmpuri de radiaţie[1]), şi dacă da, în ce măsură funcţionarea este corectă şi cît timp poate dura, fără variaţii care să afecteze siguranţa în exploatare sau corectitudinea rezultatelor dacă este vorba de cercetări ştiinţifice.

Remarcăm că în ultimii opt ani, adică începînd din 1950, au fost studiate intens efectele radiaţiilor asupra materiei, efectele asupre aparaturii electronice fiind studiate în 1950 —1954; rezultatele au fost publicate în 1956 [1, 2].

Efectele iradierii asupra diferitelor materiale

Pe scurt, rezultatele acestor cercetări sînt următoarele :

La iradierea cu neutroni, în funcţie de fluxul integrat[2]), materialele sînt afectate în următoarea ordine :

Φt (neutroni/cm²)

10^{14} tranzistorii cu germaniu îşi pierd amplificarea.

10^{15} politetrafluoretilena îşi pierde rezistenţa la întindere. apa şi lichidele organice (uleiul etc.) gazează.

10^{16} cauciucul îşi pierde elasticitatea.

10^{17} polietilena îşi pierde rezistenţa la întindere, cauciucul butilic se înmoaie.

10^{18} creşte rezistenţa la rupere prin întindere a metalelor. Polistirena îşi pierde rezistenţa la rupere prin întindere. Creşte viscozitatea uleiurilor şi a hidrocarburilor grele.

10^{20} scade densitatea, conductibilitatea, cristalinitatea ceramicelor ; dacă ceramica este folosită ca izolator, scade tensiunea de străpungere a acestuia. Materialele plastice se dezagregă ; de aceea este imposibil să fie folosite ca materiale de structură într-un reactor ; creşte densitatea oţelurilor ; scade însă durabilitatea lor. Scade durabilitatea aliajelor de aluminiu[3]).

[1]) Prin „radiaţii" ne referim aici în primul rînd la radiaţiile foarte penetrante (γ + neutroni), dar nu pierdem din vedere faptul că şi alte radiaţii pot influenţa serios funcţionarea aparaturii, ca de exemplu radiaţia termică (peste circa 80—100°C), şi chiar cea din spectrul infraroşu — vizibil — ultraviolet.

[2]) E vorba de fluxul $\int_0^t \varphi\, dt = \varphi t$, dacă fluxul φ (neutroni/cm² s) este constant în timp ; fluxul integrat sau integral se exprimă în neutroni/cm².

[3]) Datele de mai sus reprezintă comprimarea unei tabele date în [3].

Efectele iradierii asupra aparaturii electronice

Procedînd ca şi autorul tabelei[3]) [3], vom sintetiza rezultatele obţinute în urma iradierii aparaturii electronice, trecînd în revistă diferitele componente ale montajelor.

Tuburi electronice. Tuburile electronice sînt foarte variate ca materiale de structură şi complexitate şi în consecinţă rezistenţa la iradiere va fi foarte diferită.

Încercări făcute la un flux de 10^{11} n/cm²s şi 10^{10} gama (fotoni/cm²s), la reactorul cu apă grea de la Arganne [1], după scăderea efectelor încălzirii la temperatura de 90°F existentă în reactor (prin observarea efectelor încălzirii la aceeaşi temperatură asupra unei „probe martor"), iradierea fiind de o durată de circa 100 ore (10^{13} flux integrat), au arătat următoarele :

1. Filamentele de tungsten nu sînt afectate de iradiere.

2. Catodele din oxizi pot fi distruse la iradiere de ordinul 10^{17} n/cm² [2] ; tuburile de putere (este vorba de cele de radiorecepţie) cu catode cu oxizi funcţionează încă la iradieri de ordinul 10^{16} n/cm², aparent cu neajunsuri neesenţiale.

Pentru a putea face o apreciere, remarcăm că într-un reactor de putere medie (5 MW), fluxul la marginea zonei active este de ordinul 10^{12} n/cm²s ; un flux de 10^{18} n/cm², ar corespunde unei iradieri de 10^5 secunde, adică de circa 290 ore, ceea ce pentru tuburile de putere mică este cam un sfert pînă la jumătate din timpul de funcţionare.

3. Deteriorarea unor catode poate fi pusă în legătură cu gazarea produsă de descompunerea sticlei prin iradiere şi stricarea vidului (catodul se oxidează şi se distruge de exemplu) [2].

4. Unele tuburi rezistă la iradiere şi funcţionează încă satisfăcător la fluxuri de 10^{18} n/cm², ca de exemplu tuburile : 35PI, 35P7, 35P12 (tuburi catodice), OA2WA, OB2WA (tuburi stabilizatoare cu gaz) ; 6AL5 (dublă diodă) tuburile 6C4, 5718 etc. ; alte tuburi, ca de exemplu tubul de putere 829B, nu rezistă la fluxuri mai mari de 10^{16} n/cm² ; catoda fiind distrusă la 10^{17} n/cm² [2] ; tuburile de luat imagine pentru televiziune (de exemplu în cazul televizării efectului Cerenkov din reactori), se degradează prin colorarea şi opacizarea sticlei tubului (la orticoane şi vidicoane de exemplu).

5. Fotocatodele tuburilor fotomultiplicatoare, iradiate la un flux de 5.10^{11} n/cm²s, şi 5.10^{10} γ/cm²s, prezintă după 105

ore de iradiere un curent de întuneric echivalent cu cel dat la iluminarea de saturare [1]; iradieri mai scurte duc la slăbirea sensibilităţii tubului. (Deci, distrugerea se produce la un flux integrat de $5{,}10^{13}$ n/cm^2).

6. Celulele fotoelectrice sînt afectate în acelaşi mod ca şi fotocatodele fotomultiplicatorilor electronici.

Condensatori. 1. Condensatorii electrolitici gazează încă de la doze mici, putînd exploda. (Neutronii produc radioliza apei); se perforează pentru a evita explozia. La 200 ore de iradiere la 5.10^{11} n/cm^2 (10^{14} n/cm^2), capacitatea scade cu circa 20%. Sînt străpunşi la $10^{15} - 10^{16}$ n/cm^2.

Ionizarea internă intensă se produce în special în cazul cînd electrolitul conţine urme de bor, prin particulele α produse de reacţia

$$_5B^{10} + {}_0n^1 \longrightarrow {}_3Li^7 + {}_2He^4$$

2. Condensatorii tubulari cu hîrtie sau impregnaţi cu ulei, prezintă variaţii de capacitate de 6 — 10% după 20 ore de iradiere la 5.10^{11} n/cm^{2}s (10^{13} n/cm^2); o iradiere de încă 100 ore (pînă la 10^{15} n/cm^2) duce la scăderea capacităţii cîştigate în primele ore de iradiere cu 3% [2].

3. Condensatorii cu ceramică ca şi cei cu mică nu prezintă variaţii mai mari de 10%, la iradieri de $10^{17} - 10^{18}$ n/cm^2.

Rezistenţe. 1. Rezistenţele etalon (bobinate), iradiate la un flux de 10^{15} n/cm^2, permit o variaţie de rezistenţă de 1%.

2. Rezistenţele cu cărbune nu sînt afectate; cele care conţin cărbune coloidal prezintă o scădere de rezistenţă de 5—10%.

3. Rezistenţele obţinute prin metalizare prezintă variaţii foarte mari, de +15 pînă la —99% din valoarea rezistenţei (practic scurtcircuitare) la iradieri de numai $10^{13} - 10^{14}$ n/cm^2.

4. Rezistenţele izolate în parafină sau alte substanţe organice bogate în hidrogen, se scurtcircuitează la fluxuri mici ($10^{12} - 10^{13}$ n/cm^2). (Atomii de hidrogen bombardaţi cu neutroni rapizi reculează puternic, ionizînd intens regiunea străbătută (protoni de recul); prin ionizări repetate, se produce străpungerea).

Izolatori. 1. In general prin iradiere, tensiunea de străpungere a izolatorilor scade.

2. La izolatorii glazuraţi, prin iradiere se distruge structura cristalină a glazurii (la $10^{18} - 10^{19}$ n/cm^2).

3. Sticlele se colorează şi gazează; îşi pierd parţial sau total calităţile izolante (la $10^{15} - 10^{15}$ n/cm^2).

4. Izolatorii organici: polistiren, policlorura de vinil, metacrilatul de etil polimerizat (plexiglasul), îşi pierd aproape complet calităţile izolatoare şi pe cele mecanice, activîndu-se puternic[4]), la fluxuri integrale de $10^{15} - 10^{17}$ n/cm^2.

Celule redresoare, semiconductori şi tranzistori. 1. Unele celule cu silicon şi seleniu (tip Silvania) nu sînt afectate în funcţionare după 200 ore de iradiere la 7.10^{11} n/cm ($\sim 10^{14}$ n/cm^2).

2. Celulele cu germaniu îşi pierd complet proprietăţile de redresori (curentul invers devine egal cu cel în sens direct, scăderea rezistenţei de contact pînă la scurtcircuitare etc.), după iradiere cu numai $10^{12} - 10^{13}$ n/cm^2.

3. Transistorii sînt transformaţi complet prin iradiere; unii transistori îşi schimbă complet structura, benzile de conducţie dispar şi în consecinţă amplificarea scade considerabil; practic transistorii nu mai amplifică începînd de la fluxuri de 10^{14} n/cm^2 [3]. De remarcat că unele structuri donoare pot deveni acceptoare şi invers, ajungînd ca un tranzistor *npn* să devină *pnp* înainte de a fi complet destructurat.

4. Redresorii cu cuproxid rămîn utilizabili, cu remarca că atît rezistenţa directă cît şi cea inversă cresc de cîteva ori, ceea ce duce la creşterea căderii de tensiune pe celulă, şi ulterior la distrugerea (străpungerea) ei (fluxuri integrate de ordinul $10^{14} - 10^{16}$ n/cm^2).

Transformatorii ca şi toate piesele metalice bobinate, nu sînt afectate în general de iradiere (nici chiar la fluxuri de ordinul $10^{20} - 10^{21}$ n/cm^2).

Cristalele de cuarţ nu sînt afectate de iradiere pînă la fluxul de ordinul $10^{18} - 10^{19}$ n/cm^2 (frecvenţa pilotată nu varia la aceste fluxuri). În general, ca la toate cristalele nu se obţin efecte la fluxuri integrate mai mici[5]). Cercetările făcute cu fluxuri integrate mai intense ($6{,}6.10^{19}$ n/cm^2) au arătat că constanta de reţea creşte de la 4,95 Å la 5,01 Å în direcţia axelor x şi y, şi de la 5,393 Å la 5,41 Å în direcţia axei z (cuarţul are o structură exagonală plană, repetată în plane z = const., schimbarea de densitate fiind de 3,5% [4,5]

Concluzii

1. În general tuburile electronice nu sînt afectate de iradiere. Fac excepţie: fotomultiplicatorii (mai exact fotocatodele lor) şi fotocelulele de toate tipurile; tuburile de luat imagini pentru televiziune; unele tuburi cu catode de oxizi sau cu pereţi din sticlă care gazează la iradiere.

De preferat: tuburile metalice cu catod de tungsten, tungsten toriat etc.

2. Se va evita folosirea în cîmpuri de radiaţie sau expunerea la iradiere a condensatorilor electrolitici sau a celor impregnaţi. Se vor utiliza de preferinţă condensatori ceramici sau cu mică.

3. Se vor evita rezistenţele izolate cu parafină sau cu alţi izolatori organici. Se vor folosi în special rezistenţele metalice bobinate, sau cele cu cărbune.

4. În general, iradierea afectează calităţile izolatorilor; în special este de dorit să nu se expună izolatorii instalaţiilor de înaltă tensiune la iradiere, deoarece se poate produce străpungerea; în cazuri speciale, radiaţia trebuie ecranată, pentru a nu supune izolatorii efortului combinat al cîmpului electric de înaltă tensiune şi al cîmpului de radiaţie.

5. Transformatorii şi metalele în general nu sînt afectate de radiaţie din punct de vedere electric (variaţiile de rezistivitate sînt de ordinul 1‰ sau mai mici, iar revenirea la valorile iniţiale se produce la temperaturi de ordinul 30°K [6].

6. Izolatorii organici îşi pierd calităţile organice (deci proiectarea trebuie astfel făcută încît să se evite suporţii izolanţi din materiale organice ca plexiglas, policlorură de vinil etc.).

7. Nu se pot utiliza semiconductori sau tranzistori pentru aparatura care lucrează în cîmpuri de radiaţie.

8. Evident, montajele electronice sînt afectate în funcţie de efectele suferite de diferitele componente; un montaj cu piese selecţionate, poate lucra fără defecţiuni pînă la iradieri de ordinul 10^{18} n/cm^2, adică la un flux de 10^{12} n/cm^2 un timp de 10^5 ore, ceea ce întrece cu mult durata de funcţionare a tuburilor montajului.

Cercetările efectelor iradierii asupra materialelor folosite în aparatura electronică sînt utile întrucît arată ce materiale pot fi utilizate în cazul iradierii intense a aparaturii; cazuri speciale se pot prezenta atunci cînd aparatura mai este solicitată:

— de un cîmp electric sau magnetic intens (ca de exemplu la acceleratori, surse de ioni cu generatori Van de Graaf etc.);

— de un cîmp termic (50—80°C în reactori, sute de grade Celsius în reactorii energetici care produc vapori supraîncălziţi care acţionează direct o turbină; se preconizează 280 ata şi peste 500°C în zona activă).

Pe de altă parte, cercetările indică fabricilor ce materiale trebuie evitate în construcţia însăşi a tuburilor şi pieselor electronice ce lucrează în aceste condiţii speciale (sticle, catode cu oxizi, materiale care gazează sau se fărîmiţează la iradiere etc.). În prezent, ele permit numai o alegere mai judicioasă a aparaturii pentru fizica nucleară, folosind materialele existente.

Ar fi interesant de văzut efectul radiaţiilor asupra materialelor noi (ferite, titanaţi etc.). S-au făcut studii asupra variaţiei susceptibilităţii diamagnetice a cuarţului iradiat cu neutroni [5], dar nu a permeabilităţii fierului, şi cu atît mai puţin a feritelor; este de crezut că fiind materiale cu un conţinut metalic însemnat, efectele electrice vor fi minime (va-

[4]) Cazul plexiglasului, care a prezentat o puternică activitate β şi γ în urma iradierii cu neutroni (circa 10^{14} n/cm^2), la o încercare făcută la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R. P. R., de către cercetătorii APOSTOLESCU S., DRAGOMIRESCU D. şi DOBRESCU S.

[5]) Cercetări asupra efectelor iradierii cu neutroni a cristalelor de NaCl au arătat că fluxurile integrale mai mici de 10^{17} n/cm^2 nu produc schimbări esenţiale de structură. Cercetările au fost făcute de un grup de cercetători de la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R. P. R. format din MATEICIUC V., IONESCU G., DRAGOMIRESCU D. şi RĂDULESCU C. cu ajutorul razelor X. Au fost obţinute colorări intense, ca şi unele schimbări ale reţelei începînd de la fluxuri de 5.10^{17} n/cm^2.

riaţii de ordinul $10^{-3} - 10^{-6}$); rămîne de văzut cum vor varia proprietăţile magnetice. Acelaşi lucru pentru celelalte radiaţii (ultraviolet, gama, X etc.).

Utilizarea acestor efecte pentru măsurători de exemplu, este abia la început; se poate prevedea însă cu destulă uşurinţă că dozimetrele cu transistori vor deveni în curînd o realitate, dat fiind interesul uriaş suscitat de cercetarea acestor materiale în ultimii 10 ani, cum şi efectul mult mai intens al radiaţiilor asupra semiconductorilor decît asupra tuturor celorlalte materiale. Un exemplu al unui aparat de

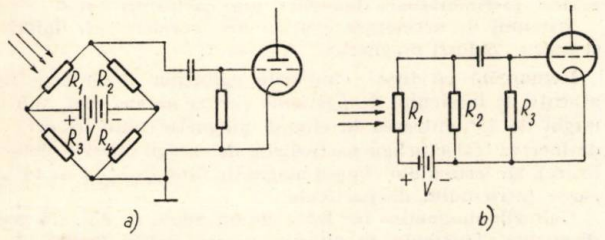


Fig. 1. Scheme de detecţie a diferenţelor de temperatură.

acest tip este bolometrul cu semiconductori, folosi pentru a detecta cu ajutorul schemelor din fig. 1, *a* şi *b* diferenţele de temperatură, analog de exemplu cu variaţia rezistenţei la iluminare prezentată de unele materiale (fotorezistenţă) [7]. În ambele scheme, R_1 este o rezistenţă care variază: fie la variaţia temperaturii mediului ambiant, fie la iradiere.

Amănunte în ceea ce priveşte primul caz (variaţia cu temperatura), se pot găsi în lucrarea [7].

Acest efect (variaţia rezistenţei cu temperatura), ar putea fi folosit pentru detectarea radiaţiilor în mod analog cu metodele microcalorimetriei radiaţiilor, cu deosebirea că aici avem avantajul amplificării uriaşe pe care o pot da tuburile electronice.

Izolînd termic rezistenţa R_1, însă cu un material cu secţiune mică de absorbţie pentru radiaţia γ sau neutroni de exemplu (asbestul obişnuit ar putea da rezultate bune, deoarece siliciul şi aluminiul nu au secţiune mare de absorbţie la neutroni termici, şi cu atît mai puţin la radiaţii γ), variaţia de temperatură în rezistenţa R_1 ar fi datorită numai radiaţiei; se poate construi în felul acesta un aparat de măsură a dozei debit a unei surse, concurent eventual al actualilor contori Geiger — Müller (cu sau fără triflorură de bor, după cum este vorba de neutroni sau de radiaţii γ), care au în cazul radiaţiilor γ o eficienţă de 1% sau mai mică, iar în cazul neutronilor o eficienţă ce nu depăşeşte 10—15%.

Ing. G. IONESCU

BIBLIOGRAFIE

[1] *What are effects of radiation on electronic components?* Nucleonics, 14 (1956) 7, după Effects of fission produced radiation on electronic equipment, Raport NEPA, A-624-13, 1948)
[2] SHELTON, R. D. and KONNEY, J. G.: *Damaging effects of radiation on electronic components*, Nucleonics, 14 (1956) 9, 66—69.
[3] SISMAN, O. and WILSON, J. C.: *Engineering use of damage data*, Nucleonics 14 (1956) 9, 58—62.
[4] WITTELS, M.: *Lattice expansion of quartz due to fast neutron bombardiment*, Phys. rev. 89 (1953), 656.
[5] CRAWFORD, J. and WITTELS, M. C.: *Radiation effects in crystals*, *Internat.* Conf. on the peaceful uses at atomic energy vol. 7, P/753, S. U. A., Geneva 1955.
[6] OVERHAUSER, A. O.: Phys. rev. 91 (1953), 448 şi 94 (1954), 1551.
[7] MIRLIN, D. N.: *Poluprovodniki v nauke i tehnike*, tom. 1, cap. 9, p. 291—312.

Reviste sovietice de specialitate traduse în limba engleză

CZ 621.3=8:652.6(73)

La începutul anului 1958, din iniţiativa Institutului american al inginerilor electricieni (AIEE), a fost organizată pentru membrii acestei asociaţii traducerea integrală şi publicarea periodică a patru reviste sovietice dintre cele mai importante în domeniul electrotehnicei, telecomunicaţiilor şi electronicei şi anume: „Electricestvo"; „Radiotehnica i electronica"; „Radiotehnica" şi „Electrosviaz".

Redăm mai jos textual comentariul acestui fapt, publicat în revista de specialitate „Electrical Engineering", organ al AIEE, în numărul 2 (vol. 77) pag. 173:

„Activitatea ştiinţifică şi tehnică a atins un înalt nivel de dezvoltare în Uniunea Sovietică. O dată cu lansarea „sputniks"-ilor, în ultimele luni, interesul pentru cultura inginerească din URSS şi în realizările ştiinţifice din această ţară au sporit considerabil. În anumite domenii ale electrotehnicei, URSS se află deja pe locul întîi. De exemplu sovieticii sînt în fruntea cercetărilor pentru transportul de energie în curent continuu şi realizările legate de această problemă în domeniul construcţiei de redresoare şi ondulatoare cum şi pentru reglarea acestora.

Dezvoltarea pe o scară largă a resurselor hidroenergetice implică progrese corespunzătoare în construcţia generatoarelor, întrerupătoarelor şi a sistemelor energetice. Contribuţii însemnate au fost făcute în teoria reglării automate şi în telemecanică, bazate în parte pe realizările mai vechi obţinute în URSS în studiul sistemelor nelineare.

Se apreciază că peste 80% din oamenii de ştiinţă sovietici cunosc limba engleză, în timp ce mai puţin de 5% din oamenii de ştiinţă şi inginerii americani cunosc limba rusă. Acum, pentru prima dată, se va putea obţine traducerea a patru reviste dintre cele mai importante".

Ing. C. MIHĂILEANU

Un nou element semiconductor „tecnetronul"

CZ 621.314.7:621.375.4

Noul element semiconductor este utilizat ca element de amplificare. El se bazează pe fenomenul care apare în vecinătatea unui punct de pe suprafaţa semiconductorului atunci cînd acestuia i se aplică o tensiune electrică. Fenomenul constă în micşorarea proprietăţilor de izolant ale semiconductorului în regiunea acestui punct. Mărimea regiunii depinde de tensiunea electrică aplicată. Un element amplificator bazat pe acest fenomen a fost descris încă din anul 1952 în S.U.A. de către Shockley, sub numele de „fieldistor" care însă pînă în prezent nu a putut fi produs pe scară industrială.

Noul element semiconductor — prezentat în Franţa de M. Teszner sub numele de „tecnetron" — se bazează pe acelaşi fenomen însă se deosebeşte constructiv de cel prezentat în S.U.A.

Acest nou element se compune dintr-o bară de germaniu de tip N avînd o lungime de 2 mm şi un diametru de 0,5 mm, pe care se taie un „gît"; acest gît se acoperă cu un strat de indiu. Între capetele barei de germaniu se aplică o tensiune electrică care va determina un curent electric prin această bară de germaniu (fig. 1).

Dacă stratul de indiu depus pe gîtul practicat pe bara de germaniu este polarizat în sens invers în raport cu capătul de

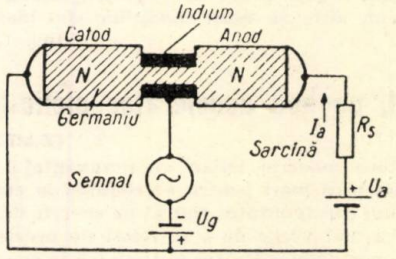


Fig. 1. Schema de conectare a tecnetronului ca amplificator.

referinţă al barei, se poate controla curentul electric prin bara de germaniu. Variaţia curentului se realizează prin variaţia rezistenţei barei de germaniu pe porţiunea gîtuită şi pe care se află depus indiu. Acest strat de indiu, prin analogie cu tubul electronic, are rolul grilei de comandă; aici însă curentul se realizează prin germaniu şi nu prin vid.

Analogia cu tubul electronic se poate face şi din punctul de vedere al impedanţei de intrare, care este mare, mai mare de un MΩ şi caracteristicile statice sînt similare cu cele ale pentodei (fig. 2).

Tensiunea de tăiere a curentului este foarte mare, astfel încît rezultă o pantă de ordinul 0,1 mA/V şi care depinde foarte mult de frecvenţă, ajungînd la frecvenţele de 300—500 MHz de ordinul 1mA/V (fig. 3).

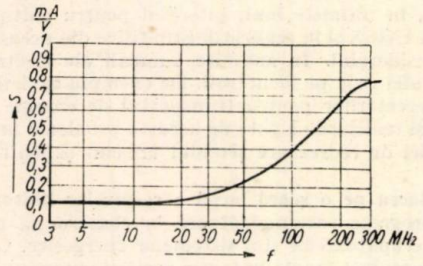


Fig. 2. Caracteristicile statice ale tecnetronului.

Pe de altă parte, capacitatea de intrare este mică, de ordinul 0,2 pF, ceea ce permite realizarea unor montaje cu capacitate parazită mică şi un factor de merit superior lui 50 MHz şi care creşte cu frecvenţa.

Cu ajutorul tecnetronului s-au realizat amplificatoare la frecvenţele 150 MHz, 280 MHz şi 450 MHz şi care au un factor de merit de ordinul 30 MHz, 50 MHz şi 80 MHz.

Datorită domeniului larg de frecvenţe în care poate fi utilizat, tecnetronul poate avea aplicaţii în radiorelee, televiziune şi în orice instalaţie de frecvenţă foarte înaltă.

Din punct de vedere tehnologic, tecnetronul este mai simplu. Germaniul obţinut prin procedeul similar celui de la transistori se taie sub formă de plăci de grosime dorită. Struc-

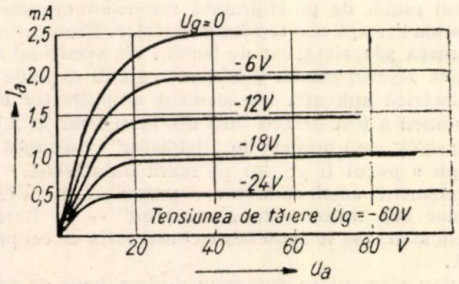


Fig. 3. Variaţia pantei tecnetronului funcţie de frecvenţă.

tura cilindrică se obţine din aceste plăci printr-un procedeu original, utilizînd ultrasunete, iar gîtul se efectuează printr-un procedeu electrolitic. Bara se roteşte în timp ce un jet electrolitic atacă bara de germaniu. Această operaţie se consideră terminată cînd rezistenţa barei atinge valoarea dorită. Depunerea indiului se face printr-un procedeu similar celui de la transistori; de altfel şi restul operaţiilor sînt identice.

Ing. GH. STANCU

Elutronul, un nou accelerator ciclic-liniar

CZ 621.384.6 : 537.122

Acceleratorii moderni liniari au dezavantajul esenţial al unei lungimi prea mari pentru accelerarea la energii înalte, cu un consum corespunzător ridicat de energie de înaltă frecvenţă. Ideea mai veche de a se folosi un accelerator liniar cu un cîmp magnetic crescător în timp (ca în sincrotron) este foarte greu de realizat din cauza reglajului dificil, a realizării unui cîmp magnetic care să varieze suficient de rapid etc.

În 1954, VALDNER [1] a propus un nou tip de accelerator, în care acelaşi accelerator liniar poate fi folosit de mai multe ori în cursul accelerării unei particule. El a denumit acest nou aparat „elutron", sau „accelerator ciclic-liniar".

După cum se vede în fig. 1, acest accelerator constă din două părţi mari: 1) sistemul de injecţie al particulelor şi 2) sistemul de accelerare.

Injecţia se face cu ajutorul unui accelerator liniar *1* al cărui jet este deviat la 180° cu ajutorul a două „oglinzi magnetice" (asemănătoare duanţilor unui ciclotron) *2* şi *4*.

Sistemul de accelerare conţine doi acceleratori liniari *3* şi patru „oglinzi magnetice" *4*, *5*, *6*, *7*.

Remarcăm că toate cîmpurile oglinzilor magnetice sînt atacate de fasciculul de particule care se accelerează, sub un unghi de 45°, intrarea în cîmpul magnetic fiind însoţită de desfacerea traiectoriilor particulelor de energii diferite (defocalizare), iar ieşirea din cîmpul magnetic fiind însoţită de focalizarea fasciculului de particule.

Oglinzile magnetice fac între ele un unghi de 45°. Cu acest dispozitiv, particule de diferite energii pot fi făcute să se

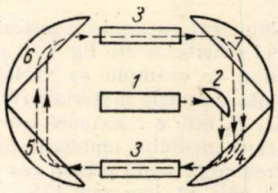


Fig. 1. Acceleratorul ciclic liniar.

mişte pe orbite staţionare, axate în direcţia acceleratorilor liniari din circuit. Pentru a accelera particule cu energii iniţiale diferite, viteza undelor acceleratoare trebuie să fie egală cu viteza luminii în spaţiul liber.

Se poate arăta că creşterea de energie pe orbită E este dată de:

$$E = \frac{em\lambda H}{(\pi - 2)}$$

unde m este un întreg, e este sarcina electronului, H este cîmpul magnetic, iar λ este lungimea de undă a generatorului. Calculele autorilor au arătat că mişcarea stabilă se poate obţine folosind proprietăţile focalizatoare ale cîmpurilor magnetice, şi menţinînd o relaţie bine definită între frecvenţa generatorului de radiofrecvenţă şi frecvenţa orbitală a particulelor accelerate.

Pentru a trece la realizarea efectivă a dispozitivului, mai este necesară verificarea anumitor concluzii teoretice. Experienţele vor fi făcute pe un model (astăzi încă în construcţie), care va accelera electroni pînă la energii de 20 MeV.

Ing. GEORGE IONIŞU

BIBLIOGRAFIE

[1] VALDNER, O. A. Zaiavka No. 0608, 1954
[2] ZORM, D. M., MILOVANOV, O. S., SHALNOV, A. V.: Atomnaia Energhiia, 2 (1957), 552 şi Journal of Nuclear Energy, 7 (1958) 3/4, 264.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции:

Полупроводники и их производство

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 49.

ДК 621-53 :517.27

COSTAKE, N.:

Экстремальное автоматическое регулирование.

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 50-56.

Излагаются предпосылки и цели преследуемые экстремальным автоматическим регулированием и дается классификация соответствующих систем регулирования. Вкратце описаны различные типы экстремальных регуляторов, причем указываются принципы их действия, характерные задачи их работы и области применения.

ДК 621.313.322.013.62 :621.316.722.1.078

DAMSKER, D.:

Автоматическое регулирование напряжения самовозбуждаемого альтернатора.

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 56-62.

Рассматривается принципиальная схема и расчет регулирующего контура системы регулирования напряжения самовозбуждаемого альтернатора. Научный вклад автора состоит в разработке методики расчета замкнутого регулирующего контура, состоящего из двух цепей возбуждения.

ДК 681.142 :681.17.087

CONSTANTINESCU, V.:

Цифровые установки централизованного управления.

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 62-67.

В статье описаны устройство, работа и характеристика промышленных цифровых систем централизованного контроля.

ДК 681.142—523.8

CĂLUŞIŢĂ, M.:

Решающие элементы электронных счетно-решающих машин непрерывного действия, постоянного тока.

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 68-76.

Рассматриваются решающие элементы счетно-решающих машин непрерывного действия, постоянного тока. Автор пытается наметить направление развития и характерные типы этих элементов и тем самым содействовать установлению соответствующей терминологии на румынском языке.

ДК 621.37/.38.001.4

DRĂGĂNESCU, M., и STANCU, GH.:

Предложения по терминологии электронных элементов.

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 76-80.

ДК 621.384.6

TOTH, T.:

Новые принципы ускорения заряженных частиц.

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 80-84.

Изложены „когерентные" способы ускорения частиц до больших энергий, в том числе: ускорение посредством движущихся сред, ударных, а также электромагнитных волн.

ДК 621.384.611 :537.122

TEODORESCU, I.:

Микротрон.

Automatica şi electronica, III (1959) № 2, стр. 84-88.

Описаны принцип действия и конструкция микротрона-компактный источник интенсивных гамма излучений и нейтронов.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАМЕТКИ, стр. 89-93

КОММЕНТАРИИ, стр. 93-96

ПАТЕНТЫ, III-я обложка

INHALTSVERZEICHNIS

SCHRIFTLEITUNG:

Die Halbleiter und ihre Erzeugung im Lande.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 49.

DK 621—53 :517.27

COSTAKE, N.:

Extremale selbsttätige Regelung

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 50—56

Es werden zu erst die grundlegenden Annahmen und der Zweck der extremalen selbsttätigen Regelung dargelegt und dann eine Einteilung der extremalen Regelungssysteme gemacht. Weiterhin werden die verschiedenen Arten von extremalen Reglern angeführt, mit Angabe des Arbeitsprinzips, der spezifischen Probleme und der Anwendungsgebiete.

DK 621.313.322.013.62 :621.316.722.1.078

DAMSKER, D.:

Selbsttätige Regelung der Spannung eines selbsterregten Wechselstromgenerators.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 56—62.

Für einen mit Selbsterregung und selbsttätiger Spannungsregelung versehenen Wechselstromgenerator wird die Schaltung und die Berechnung des Regelungskreises beschrieben. Der Beitrag des Verfassers besteht in der Ausarbeitung der Berechnung eines aus zwei Erregungswicklungen bestehenden geschlossenen Kreises, eine Wicklung vom Vorverstäger und die andere vom Endverstärker zu zweistufigen Magnetverstärkern.

DK 681.142 :681.17.087

CONSTANTINESCU, V.:

Digital-Analgen für zentrale Kontrolle

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 62—67.

Der Artikel beschreibt den Bau, den Betrieb und die Kenndaten von digitalen Registrieranlagen für industrielle Verwendung.

DK 681.142—523.8

CĂLUŞIŢĂ, M.:

Auflösungs-Elemente für elektronische Gleichstrom-Analogrechner.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 68—76.

Allgemeine Darlegung der Auflösungs-Elemente für elektronische Gleichstrom-Analogrechner. Der Verfasser versucht, eine Orientierung in den Typen und Kenndaten dieser Elemente zu geben und zugleich zur Festlegung der Benennungen und der Terminologie in rumänischer Sprache auf diesem Gebiet beizutragen.

DK 621.37/.38 :001.4

DRĂGĂNESCU, M. u. STANCU, G.:

Terminologie-Vorschläge für elektronische Elemente

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 76—80.

DK 621.384.6

TOTH, T.:

Neue Prinzipien zur Beschleunigung von geladenen Teilchen.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 80—84.

Es werden die „kohärenten" Verfahren zur Teilchenbeschleunigung bis zu sehr hohen Energie dargelegt u. zw.: Beschleunigung mit Hilfe eines Mediums in Bewegung, mit Hilfe einer Stosswelle und mit Hilfe einer elecktromagnetischen Welle.

DK 621.384.611 :537.122

TEODORESCU, I.:

Das Mikrotron

Automatica şi electronica, III (1959) H. 2, S. 84—88

Es wird das Arbeitsprinzip und die Ausführung des Mikrotrons dargelegt, eine kompakte Quelle von starken Gamma-Strahlungen oder von Neutronen.

LABOR NOTEN, S. 89—93

BESPRECHUNGEN, S. 93—96

PATENTE, III. Umschlagseite

SOMMAIRE

REDACTION :

Les semiconducteurs et leur fabrications en Roumanie.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 49.

CD 621—53 :517.27

COSTAKE, N:.

Le réglage automatique extrémal.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 50—56.

On expose d'abord les hypothèses fondamentales ainsi que le but du réglage automatique extrémal, ensuite on fait une classification des systèmes de réglage automatique extrémaux. On passe ensuite en revue les différents types de régulateurs extrémaux en indiquant le principe, les problèmes spécifiques et les domaines d'utilisation.

CD 621.313.322.013.62 :621.316.722.1.078

DAMSKER, D. :

Le réglage automatique de la tension d'un alternateur autoexcité.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 56—62.

On décrit le schéma et le calcul du circuit de réglage d'un alternateur prévu d'autoexcitation et de réglage automatique de la tension. La contribution de l'auteur réside dans l'élaboration du calcul d'un circuit fermé constitué par deux enroulements d'excitation, dont l'un appartient au préamplificateur et l'autre à l'amplificateur final, d'un amplificateur magnétique à deux étages.

CD 681.142 :681.17.087

CONSTANTINESCU, V. :

Instalations digitales de controle centralisé.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 62—67.

L'auteur décrit la construction, la fonctionnement et les performances des installations d'enregistrement digitales, d'intérêt industriel.

CD 681. 142—523.8

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Eléménts de résolution pour les calculateurs analogiques électroniques à courant continu.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 68—76.

On fait une présentation génerale des élements de résolution pour les calculateurs electroniques analogiques à courant continu. L'auteur essaie de donner une orientation concernant les types et les caracteristiques des ces éléments et de contribuer toutefois à fixer la nomenclature et la terminologie dans ce domaine, dans la langue roumaine.

CD 621.37/.38 :001.4

DRĂGĂNESCU, M. et STANCU, GH. :

Propositions de terminologie pour les éléments électroniques.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 76—80.

CD 621.384.6

TOTH, T. :

Principes nouveaux d'accélération des particules chargées.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 80—84.

On expose les méthodes „cohérentes" d'accélération des particules jusqu'à de très grandes énergies, à savoir : l'accélération à l'aide d'un milieu en mouvement à l'aide d'une onde de choc et à l'aide d'une onde électromagnétique.

CD 621.384.611 :537.122

TEODORESCU, I. :

Le microtron

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 84—89.

On expose le principe de fonctionnement ainsi que la réalisation du microtron source compacte de radiations gamma intenses ou de neutrons.

NOTES DE LABORATOIRES, p. 89—93.

COMMENTAIRES, p. 93—96

BREVETS, III—éme couverture

CONTENTS

EDITOR :

The semiconductors and their manufacture in R.P.R.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 49.

DC 621—53 :517.27

COSTAKE, N. :

Optimal control.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p.50—56.

The basic assumption and the purpose of optimal control are presented. then a classification of optimal control systems is made. Different types of optimal controlers are reviewed, indicating the principle of operation, the specific problems and the application domains.

DC 621.313.322.013.62 :621.316.722.1.078

DAMSKER, D. :

Voltage automatic control for a self-excited a.c. generator.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 56—62.

The circuit and the design of a voltage regulator are given for a self-excited a.c. generator. The contribution of the author comprises the design of a control system in which tbe closed circuit is made up of two control windings of the pre-amplifierd and final stage of a magnetic amplifier.

DC 681.142 :681.17.087

CONSTANTINESCU, V. :

Digital systems for centraliped control.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 62—67.

The article describes the construction, the operation and the performance of digital recording systems for industrial use.

DC 681.142—523.8

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Computing elements for electronic d.c. analog computers.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 68—76.

A general presentation of the computing elements used in electronic d.c. analog computers is given. The author reviews the types and characteristics of these elements and tries to contribute a terminology on this subject, in roumanian language.

DC 621.37/.38 :001.4

DRĂGĂNESCU, M. and STANCU GH. :

Proposals for a triminology on electronic elements

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 76—80.

DC 621.384.6

TOTH, T. :

New principles for the acceleration of charged particles.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 80—84.

Some „coherent" methods for the acceleration of particles up to very great energy levels are presented, namely ; the acceleration by means of a medium in motion, by means of a shock wave, and by means of an electromagnetic wave.

DC 621.384.611 :537.122

TEODORESCU, I. :

The Microtron.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 2, p. 84—88.

The principle of operation and the design is presented of a microtron, a compact source of intense gamma radiations of or neutrons.

LABORATORY NOTES, p. 89—93.

COMENTARY, p. 93—96.

PATENTS, on the third cover

BREVETE

CZ 621.317.39.083.7 : 681.12 : 608

Sonda transformatoare pentru controlul poziţiei corpului feromagnetic. Brevet R.P.P. nr. 40 513, înreg. 7 februarie 1957, publicat 18 decembrie 1957. Titular : Min. Ind. Electrotehnice. Autor : ing. WALDEMAR VRONSKI.

Sonda transformatoare pentru controlul poziţiei corpului feromagnetic este folosită pentru transmiterea la distanţă a indicaţiilor manometrelor cu lichid cu plutitor. Avantajul sondei faţă de soluţiile cunoscute este vizibilitatea deplină a ţevii manometrului, cum şi dependenţa tensiunii de aşezarea plutitorului feromagnetic.

Sonda transformatoare pentru controlul poziţiei corpului feromagnetic are un miez feromagnetic, pe părţile căruia, paralele cu direcţia mişcării corpului feromagnetic, este montată o spiră în care fluxul magnetic produs de corpul feromagnetic în mişcare, induce o tensiunea funcţie de poziţia acestui corp.

CZ 621.—523 : 621.52—762 : 608

Supapă de siguranţă pentru vid comandată electric. Brevet R.P.U. 143 912, înreg. : 3 martie 1954, publicat 15 ianuarie 1958. Titular : R.P.U. Autor : G. HAMORI.

Întreruperile în funcţionarea pompelor de vid pot avea ca rezultat pătrunderea aerului în spaţiul vidat. În plus, la pompele centrifuge uleiul poate să pătrundă în spaţiul aspirat şi să murdărească pereţii spaţiului sau materialul.

Invenţia împiedică pătrunderea aerului sau a uleiului în spaţiul vidat, în cazul cînd funcţionarea pompei ar fi întreruptă. Esenţa invenţiei este introducerea de aer printr-o supapă comandată electric, deasupra unei a doua supape care închide spaţiul cu vid. Aerul introdus presează supapa pe scaunul ei, închizînd astfel spaţiul. În acelaşi timp aerul curge încet şi în pompă şi împiedică refularea uleiului.

În fig. 1, spaţiul cu vid este închis prin supapa *C*. Tija supapei se aplică pe miezul de fier *B*, fiind ghidată de manşonul tubular *H* şi de manşonul interior *D* al înfăşurării *A*. Centrul *I* a feţei superioare miezului de fier *B*, funcţionează ca taler de supapă şi închide supapa de admisie a aerului *E*. Spaţiul deasupra miezului este legat cu cel de desuptul său prin canalele din miez. Dispozitivul se racordează la conducta de aspiraţie a pompei centrifuge prin ştuţul *F*.

Funcţionarea este următoarea : Bobina *A* este legată în circuitul motorului sau în orice alt circuit, care se întrerupe dacă motorul se opreşte. Pînă cînd în bobina *A* curge curent,

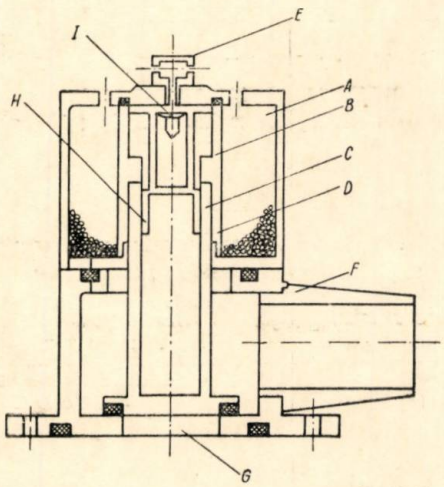


Fig. 1. Secţiune prin supapă.

aceasta atrage miezul *B* şi îl presează de supapa de aer *E*. În acest caz vidul din cavitatea dispozitivului ridică supapa *D* de pe scaunul ei. Cînd curentul este întrerupt, miezul *B* cade pe tija tubulară a supapei *C*. Supapa *E* de aer se deschide şi introduce aer prin canalele miezului *B*, deasupra supapei *C*. Aceasta închide puternic orificiul *G* spre spaţiul de vid şi aerul nu poate pătrunde în vid.

În acelaşi timp pătrunde aer în pompă prin ştuţul *F*, dintre supapa *C* şi manşonul *H* şi între supapa *C* şi manşonul *D*, oprind refularea uleiului.

Dispozitiv de pornire-oprire pentru cronometru electronic. Brevet R.P.R. nr. 40 477/1364, înreg. 31 octombrie 1951 ; publicat 2 aprilie 1958. Titular : Acad. R.P.R. Autor : ing. VICTOR TOMA.

Dispozitivele de pornire-oprire cunoscute sînt constituite fie dintr-un multivibrator bistabil, fie din circuite cu tuburi tiratron. Primul sistem are dezavantajul că, după ce s-a dat o comandă de pornire urmată de una de oprire, sistemul se găseşte în situaţia de a fi pornit din nou de către un impuls auxiliar de pornire. Lipsa acestei posibilităţi de blocare îngreunează foarte mult efectuarea unor măsurători importante în practică, ca cele de frecvenţă, de timp de acţionare a releelor etc. Al doilea sistem cunoscut are dezavantajul caracteristic tubului tiratron : inerţie mare, durată de funcţionare redusă, preţ de cost ridicat etc.

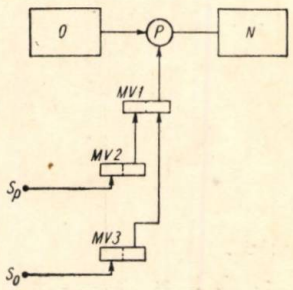


Fig. 1. Schema bloc a dispozitivului.

Potrivit invenţiei, pentru comanda părţii de legătură *P* dintre oscilatorul etalon *O* şi numărătorul electronic *N* se foloseşte un multivibrator bistabil *MV1* ca în dispozitivele cunoscute, care este însă comandat asimetric de două multivibratoare bistabile auxiliare, unul pentru pornire *MV2* şi celălalt pentru oprire *MV3*, aşa cum se arată în schema bloc a dispozitivului electronic de pornire-oprire arătat în fig. 1.

Sistemul funcţionează în felul următor :

Primul multivibrator bistabil *MV1* comandă poarta de legătură *P* dintre oscilatorul etalon *O* şi numărătorul electronic *N* ; al 2-lea multivibrator bistabil *MV2* este comandat asimetric de semnalul exterior de pornire *Sp* şi comandă la rîndul său tot asimetric primul multivibrator bistabil *MV1*, deschizînd poarta de legătură *P*, iar al treilea multivibrator bistabil *MV3* este comandat asimetric de semnalul exterior de oprire *SO* şi comandă la rîndul său tot asimetric primul multivibrator bistabil *MV1*, închizînd poarta de legătură *P* dintre oscilatorul etalon *O* şi numărătorul electronic *N*.

CZ 621.318.572 : 608

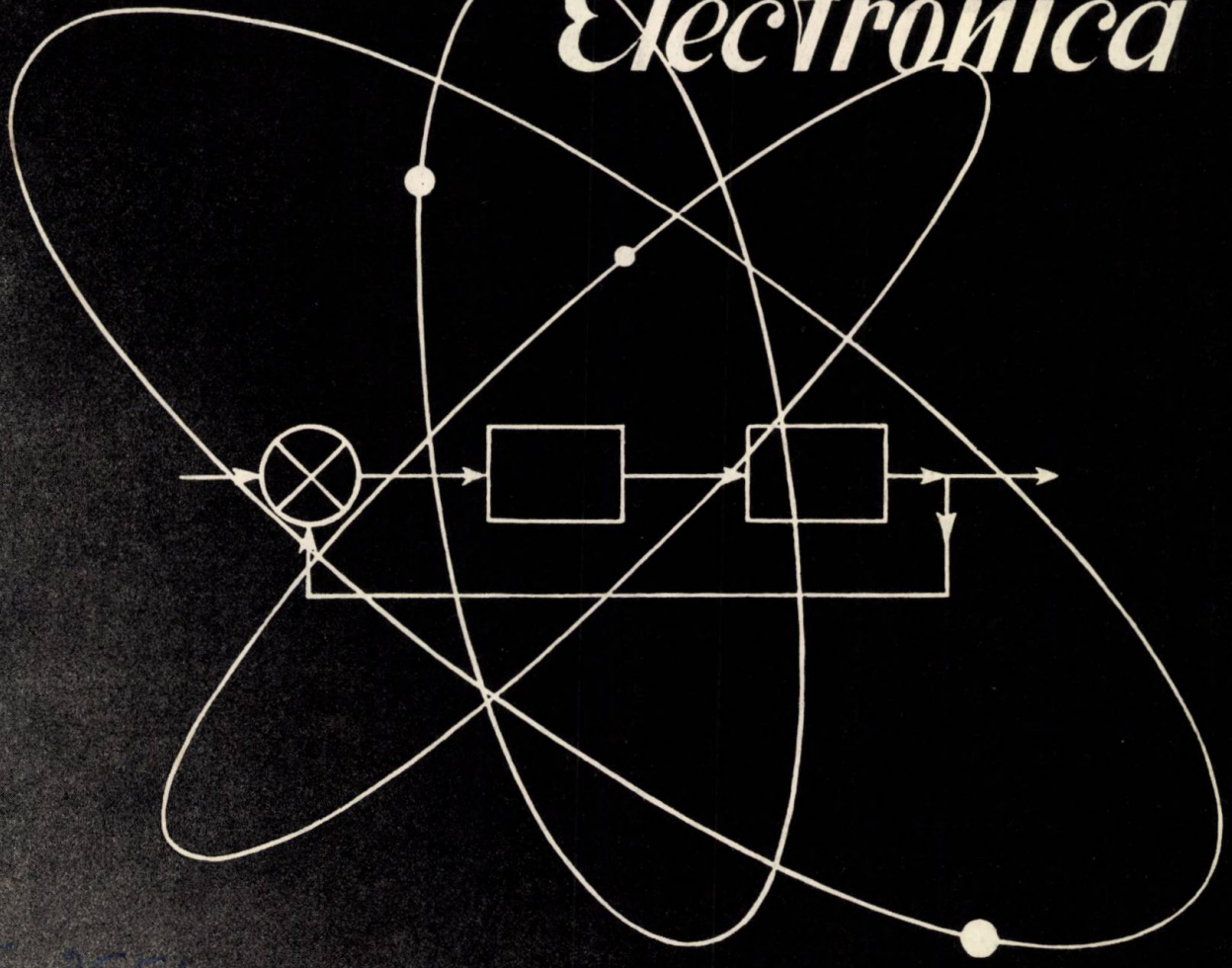
Releu electronic cu întîrziere. Brevet R.D.G. 14 489 înreg. 27 februarie 1954, publicat 24 martie 1958. Titular : R.D.G. Autor : JENS PETER REHAHN.

Faţă de alte relee electronice cel inventat are avantajul că durata de întîrziere să nu depindă de oscilaţiile tensiunei de alimentare decît în mică măsură. De asemeni schimbări în emisiunea tuburilor nu influenţează durata întîrzierii.

Releul inventat constă dintr-un montaj bistabil cu două tuburi electronice, în care primul tub situat la intrare are la catodă potenţial pozitiv, iar la grilă este pus în legătură cu ajutorul unei rezistenţe montată în paralel cu un tub electronic sau alt dispozitiv de comutare asemănător. Condensatorul primeşte printr-o rezistenţă tensiunea de lucru. Tubul situat la ieşire are catoda pusă la potenţialul *O* astfel încît o tensiune de ieşire bazată pe acest potenţial *O* poate fi obţinută de la grilă şi servi la reglajul unui etaj situat după acest tub.

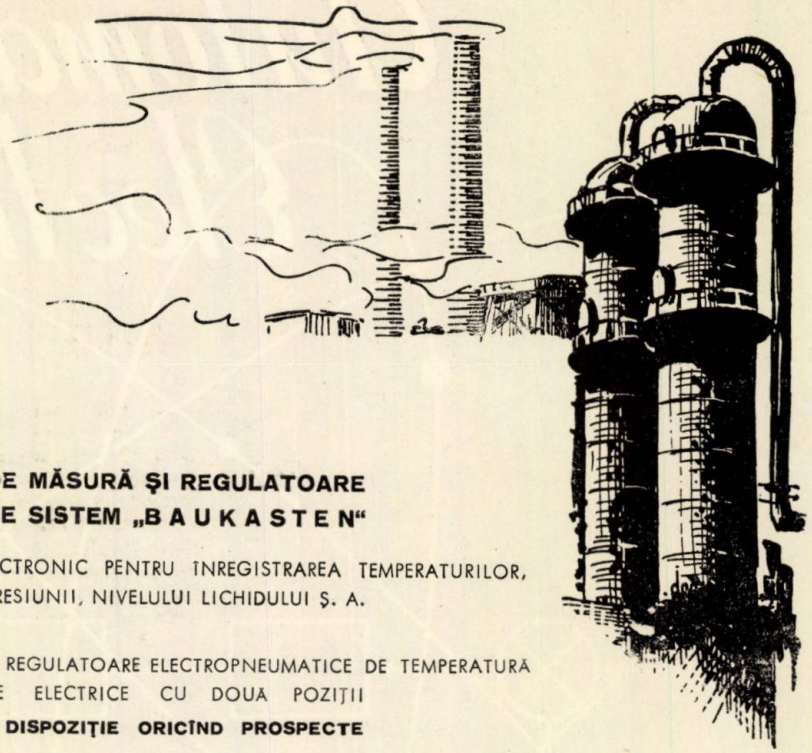
LEI 5

Automatica si Electronica



E 2554

3
1959



Pentru controlul producției și automatizării

APARATE DE MĂSURĂ ȘI REGULATOARE CONSTRUITE SISTEM „B A U K A S T E N"

ÎNREGISTRATOR DE LINII ELECTRONIC PENTRU ÎNREGISTRAREA TEMPERATURILOR, UMIDITĂȚII, PRESIUNII, NIVELULUI LICHIDULUI Ș. A.

REGULATOARE PNEUMATICE — REGULATOARE ELECTROPNEUMATICE DE TEMPERATURĂ
REGULATOARE ELECTRICE CU DOUĂ POZIȚII

PUNEM LA DISPOZIȚIE ORICÎND PROSPECTE

VEB MESSGERÄTEWERK QUEDLINBURG

QUEDLINBURG/HARZ TELEFON 451 TELEIMPRIMATOR 056/8523

INFORMAȚII DE EXPORT PRIN: **DEUTSCHE EXPORT – und IMPORT-GESELLSCHAFT**

FEINMECHANIK — OPTIK m. b. H. BERLIN C 2, SCHICKLERSTR. 7, DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

Vizitați tîrgul de toamnă de la L E I P Z I G : 30 august – 6 septembrie 1959

Revista AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 16.78.78 și 13.57.28. Administrația și casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon: 14.06.24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor ASIT din întreaga țară precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile și întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2, București, c. 2856.

E 2551

Automatica și Electronica

Vol. III (1959) nr. 3 (mai — iunie), p. 97 — 144.

SUMAR

EDITORIAL:

Automatizarea producției în economia socialistă

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 97

CZ 621—523 : 537.312.62

MOISIL, C. GR.:

Circuite cu criotroni

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 98—103

Articolul descrie algebric funcționarea criotronului și analiza circuitelor de criotroni. Se dau exemple de calcul.

CZ 621—52 : 662.69 : 622.698

TUDOROIU, V.:

Automatizări în extracția, transportul și distribuția gazului metan.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 104—113

Se examinează feluritele aspecte ale controlului centralizat în extracția, transportul și distribuția gazului metan.

CZ 621—533.6 : 621.362.7 : 633.15

SAPȘA, M.:

Instalația de reglare a temperaturii și control al arderii la uscătoriile de porumb.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 114—119

Se descrie instalația realizată pentru reglarea temperaturii și controlul automat al funcționării arzătorului pentru uscătorii de porumb. Se tratează două variante: cu combustibil lichid și cu combustibil gazos.

CZ 621.317.78.024 : 621.398

DUMA, M. și SÎRBU, M.:

Traductor de putere în curent continuu în regim de compensator.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 119—126

Se descrie un traductor de putere în curent continuu în regim de compensator, care permite transformarea puterii în curent continuu cu o precizie corespunzătoare clasei 1, asigură posibilitatea transmiterii curentului continuu la distanță de cîțiva zeci de kilometri pe circuite fizice, simplu sub aspect constructiv și realizabil din elemente standardizate din producția de mare serie.

CZ 621.313.43 : 621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. și SCÎNTEIE, N.:

Generatori de impulsuri de nanosecunde

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 126—130

Se prezintă generatori de impulsuri în domeniul nanosecundelor cu linii de formare și comutator. Se expun critic trei tipuri de comutatori cît și rezultatele experimentale proprii obținute de autori.

CZ 621.316.73 : 538.569.4 : 539.154.3

DRĂGHICESCU, M. și PASCARU, I.:

Stabilizator de cîmp magnetic bazat pe rezonanța magnetică nucleară

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 130—135

Se prezintă un stabilizator de cîmp magnetic proiectat și construit de autori. După expunerea principiilor fizice se descrie schema și modul de funcționare încheindu-se cu măsurarea performanțelor.

CZ 621.384.612

MIHĂILĂ, A.:

Sincrotronul cu focalizare intensă

Automatica și electronica, III (1959) nr. 3, p. 136—140

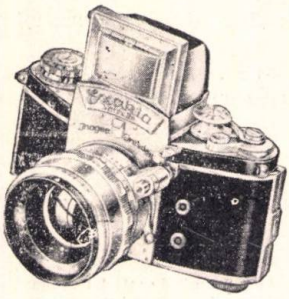
Se expune problema focalizării intense în acceleratorii de particule de tip sincrotron.

CRONICA p. 141—143

RECENZII p. 144

Fiecăruia

un aparat reflex cu oglindă pentru film îngust

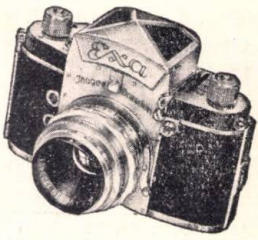


EXAKTA
Varex

camera cea mai bună pentru cele mai înalte exigențe

EXA

aparatul reflex cu oglindă simplificat pentru fotografii reușite de amatori



Remitem cu plăcere prospectele noastre

IHAGEE KAMERAWERK AG i.V. DRESDEN A.

Informații despre posibilități de procurare și prețuri prin:

TECHNOIMPORT, București, Str. Doamnei Nr. 5

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. III (p. 97—144) Nr. 3, mai—iunie București, 1959

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZÁGOS-SZÉCHÉNYI 1883

EDITORIAL

Automatizarea producției în economia socialistă

Introducerea și dezvoltarea automatizării este influențată în mod hotărîtor de sistemul economic, de felul în care este condusă producția.

În orînduirea capitalistă, datorită existenței proprietății private asupra mijloacelor de producție acționează o serie de legi economice specifice acestui mod de producție, cum sînt legea economică fundamentală a capitalismului, legea anarhiei și concurenței în producție etc.

Capitaliștii introduc automatizarea în producție numai atunci cînd aceasta le asigură profituri maxime.

Necesitatea efectuării unor investiții mari pentru procurarea și punerea în funcțiune a mijloacelor automate constituie una din piedicile importante ale introducerii automatizării în producția capitalistă. În afară de întreprinderile mici și mijlocii care nu vor putea face față din punct de vedere financiar, însăși marile monopoluri sînt constrînse de a nu introduce automatizarea într-un ritm rapid datorită neamortizării complete a investițiilor în diferite ramuri ale economiei naționale, în deosebi în acele ramuri care cer investiții mari iar amortizarea acestora trebuie făcută pe o durată mai mare de timp, cum ar fi de exemplu industria metalurgică, carboniferă etc.

O altă piedică serioasă în dezvoltarea automatizării în capitalism este și aceea generată de faptul că o întreprindere o dată automatizată, este foarte greu să-și readapteze utilajul pentru fiecare schimbare a cererii, este imposibil de a se asigura o piață de desfacere stabilă și în continuă expansiune.

Un alt obstacol, semnalat în unanimitate de economiștii burghezi, îl constituie lipsa de cadre tehnice calificate pentru conducerea și deservirea proceselor automatizate, cum și greutățile pregătirii acestora în viitorul apropiat.

În general, automatizarea în întreprinderile capitaliste nu se face decît atunci cînd din calculele de eficacitate economică va rezulta reducerea considerabilă a forței de muncă necesare, deci mari economii la salarii, care să permită obținerea unei producții în condiții mai avantajoase decît obținerea aceleiași producții prin folosirea largă a muncii manuale. Acesta este unul din criteriile hotărîtoare de apreciere a introducerii automatizării. Din calculele efectuate în lumea capitalistă a rezultat că nu este rentabil să se automatizeze decît 10% din producție într-un deceniu sau 25% într-o generație. În S.U.A. de exemplu, din cercetările făcute a rezultat că, la nivelul actual al tehnicii, nu sînt rentabile să se automatizeze decît 8% din manopera activă necesară proceselor industriale, iar în cadrul diferitelor industrii, automatismul nu este aplicabil decît la o parte infimă de operații cum ar fi de exemplu, 6% în industria constructoare de automobile.

Introducerea automatizării în producția capitalistă are consecințe sociale negative. Una din problemele cu caracter social pe care o ridică automatizarea producției este aceea a șomajului tehnologic. Rezolvarea acestei probleme nu este posibilă în condițiile economiei capitaliste, anarhice. În capitalism automatizarea în loc să servească la ridicarea bunei stări a întregii societăți este pusă în slujba asigurării de profituri maxime capitaliștilor, lovind direct în interesele clasei muncitoare. Acest lucru nu va rămîne fără urmări pe plan politic.

Cu totul altele sînt consecințele introducerii automatizării în socialism. În societatea socialistă, automatizarea producției constituie unul din mijloacele de bază pentru creșterea continuă a producției prin creșterea rapidă a productivității muncii, pentru economisirea la maximum a resurselor de muncă, materiale și bănești, pentru ușurarea continuă a condițiilor de muncă ale celor ce muncesc. Creșterea și perfecționarea continuă a producției socialiste pe baza introducerii într-un ritm rapid a automatizării servește la asigurarea bunăstării oamenilor muncii.

Economia socialistă se caracterizează printr-un debușeu stabil și în continuă creștere. Extinderea unui proces automatizat la întreprinderile de același tip nu prezintă dificultăți importante. De îndată ce o linie automată pentru fabricarea unui produs a fost pusă la punct, există tendința de a extinde un asemenea procedeu la toate întreprinderile care folosesc producția unor produse asemănătoare. În felul acesta se pot construi în serie instalațiile automate, ceea ce micșorează costul lor.

Se înțelege deci de ce automatizarea are o dezvoltare de mari proporții în U.R.S.S. Liniile automate se dezvoltă cu o rapiditate impresionantă și uzine întregi se specializează în această fabricație. Dacă se adaugă faptul că aceste uzine întrebuințează pentru fabricație maximum de elemente comune, rezultă că prețul de cost al unei automatizări poate scădea în mare proporție. După unele estimații, această scădere poate ajunge repede, în ce privește aparatura de automatizare, pînă la $\frac{1}{2}$ din costul actual, aceasta pe măsura dezvoltării fabricării elementelor de automatizare.

Automatizarea pe scară largă a producției va duce la crearea unui belșug de produse ce vor reveni populației la un preț de cost tot mai redus, ceea ce va contribui la ridicarea sistematică a nivelului de trai material și cultural.

În socialism, automatizarea producției nu poate duce la șomaj. Forța de muncă eliberată într-o ramură industrială ca urmare a automatizării, va fi îndreptată în mod planificat pentru dezvoltarea celorlalte ramuri sau sectoare unde se simte nevoia de brațe de muncă. Automatizarea producției creează condițiile pentru trecerea la ziua de muncă redusă, ceea ce va permite oamenilor muncii o mai bună satisfacere a nevoilor social-culturale.

Extinderea automatizării în toate ramurile economiei naționale va contribui în mod hotărîtor la lichidarea opoziției care există între munca fizică și intelectuală. Conducerea producției automate necesitînd o pregătire tehnică superioară, o dată cu extinderea automatizării se vor șterge și deosebirile care există între munca fizică și cea intelectuală.

Automatizarea pe o scară largă a proceselor de producție constituie un pas foarte important al societății socialiste pe drumul spre comunism.

În lumina celor de mai sus este de înțeles interesul cu care tehnicienii noștri au primit hotărîrile plenarei C.C. al P.C.U.S. referitoare la accelerarea progresului tehnic în industrie și construcții, pentru rezolvarea problemelor puse de introducerea pe scară mare a automatizărilor.

GRIGORE C. MOISIL *)

Circuite cu criotroni **)

I.

CZ 621-523 : 537.312.62

Criotronul este un element nou de automatizare [1] a cărui funcționare face să intre în joc proprietățile supraconductibilității metalelor.

Fenomenele de supraconductibiliate au fost descoperite cînd, putîndu-se lichefia heliumul, s-au putut atinge temperaturi apropiate de zero absolut. Iată două proprietăți fundamentale.

1. În apropiere de zero absolut rezistența ohmică a metalelor și aliajelor se anulează.

2. Supus unui cîmp magnetic, metalul sau aliajul respectiv își recapătă rezistența ohmică ce o are la temperatura obișnuită.

Un criotron (fig. 1) este format dintr-un fir de tantal x, băgat într-o baie de heliu lichid și înfășurat de un fir de niobium ξ. Cînd nu trece curent prin înfășurarea ξ, firul x este supraconductor, rezistența sa ohmică este nulă. Cînd trece curent prin înfășurarea ξ, acest curent creează un cîmp magnetic, deci firul x își recapătă rezistența sa ohmică normală.

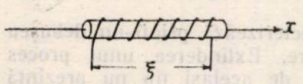


Fig. 1

Algebric vom descrie funcționarea criotronului astfel [2]. Vom caracteriza rezistența ohmică a firului x printr-o variabilă x care ia două valori, pe care le numim (convențional) 0 și 1 : $x = 0$ dacă rezistența ohmică a firului este cea normală, $x = 1$ dacă rezistența ohmică a firului este nulă, firul fiind în stare de supraconductibilitate. Vom caracteriza starea curentului în înfășurare printr-o altă variabilă ξ care ia tot două valori pe care, prin convenție, le numim 0 și 1 : $\xi = 0$ dacă prin înfășurare nu trece curent, $\xi = 1$ dacă trece.

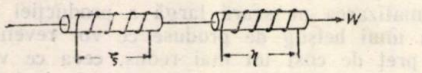


Fig. 2

Putem monta criotroni în serie și paralel ca în figurile 2 și 3.

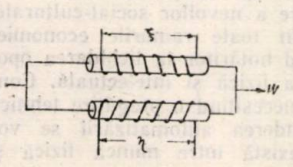


Fig. 3

Pentru montajul în serie din fig. 2 se vede ușor că dacă $\xi = \eta = 0$, aceasta înseamnă că nici prin ξ nici prin η nu trece curent, deci firul w este în stare de supraconductibilitate, deci $w = 1$. Dacă $\xi = 1$, $\eta = 0$ sau dacă $\xi = 0$, $\eta = 1$, sau dacă $\xi = \eta = 1$, în unul din cei doi criotroni sau în amîndoi este un cîmp magnetic, deci firul w este în stare de conductibilitate normală, $w = 0$. Deci w este o funcție de ξ, η definită prin tabela din fig. 4, pe care noi o notăm cu „$\top$”.

Pentru montajul în paralel din fig. 3, dacă $\xi = \eta = 0$ sau dacă $\xi = 0$, $\eta = 1$ sau dacă $\xi = 1$, $\eta = 0$ prin amîndouă sau cel puțin prin una din înfășurări nu trece curent, deci amîndouă, sau cel puțin unul din firele montate în paralel, sînt în stare de supraconductibilitate, deci există măcar un fir de rezistență nulă, deci $w = 1$. Dacă însă $\xi = \eta = 1$, în amîndoi criotronii avem cîmp magnetic, deci amîndouă firele puse în paralel au conductibilitate normală, deci $w = 0$. Deci w este o funcție de ξ, η definită prin tabela din fig. 5, pe care noi o notăm cu „$\perp$”.

$\top$	0	1
0	1	0
1	0	0

Fig. 4

$\perp$	0	1
0	1	1
1	1	0

Fig. 5

Funcțiile „$\top$” și „$\perp$” sînt așa numitele funcții ale lui Sheffer, bine cunoscute în logica matematică.

În cele ce urmează vom expune cercetările noastre privind circuitele cu criotroni.

II.

Să observăm că stabilirea cîmpului magnetic și recăpătarea rezistenței ohmice normale se face în timp. În descrierea dată mai sus asupra funcționării criotronului dacă $\xi = 0$ atunci $x = 1$, dacă $\xi = 1$ atunci $x = 0$, ξ și x nu sînt luați în același moment. Vom împărți timpul în intervale elementare, pe care le vom numerota și vom numi ξ_N, x_N, valorile lui ξ, x în al N-lea interval temporal elementar. Descrierea funcționării criotronului este deci : dacă $\xi_N = 0$ atunci $x_{N+1} = 1$, dacă $\xi_N = 1$ atunci $x_{N+1} = 0$. Ea ne dă ecuația caracteristică a criotronului [1])

$$x_{N+1} = \overline{\xi}_N \qquad (1)$$

*) Acad. prof. GR. C. MOISIL este vicepreședinte al Comisiei de automatizare de pe lîngă Prezidiul Academiei R. P. Romîne.

**) Conferință ținută la Societatea de științe matematice și fizice din R.P.R. în ziua de 26 ianuarie 1959.

[1]) Analoagă ecuației caracteristice a unui releu într-o schemă cu contacte și relee [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9].

unde bara este definită prin

$$\bar{0} = 1 \quad \bar{1} = 0 \tag{2}$$

Această ecuaţie caracteristică ne permite descrierea funcţionării în timp a unui circuit cu criotroni cu funcţionare în mai mulţi timpi. Un astfel de circuit este cel din fig. 6 [1].

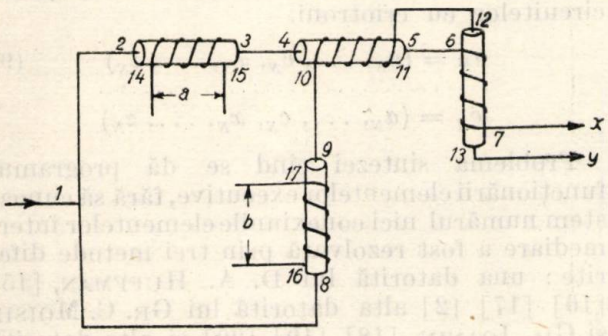


Fig. 6

Circuitul x este închis ($x_N = 1$) dacă firul *2—3* şi firul *4—5* sînt în stare de supraconductibilitate, deci dacă în înfăşurarea *14—15* n-a trecut curent ($a_{N-1}=0$) nici în înfăşurarea *10—11* ($y_{N-1}= 0$) deci $x_N = \bar{a}_{N-1}\bar{y}_{N-1}$. Circuitul y este închis ($y_N = 1$) dacă firele *8—9* şi *12—13* sînt în stare de supraconductibilitate, deci dacă în înfăşurările *16—17* şi *6—7* n-a trecut curent ($b_{N-1}= 0$, $x_{N-1} = 0$) deci $y_N = \bar{b}_{N-1}\bar{x}_{N-1}$. Deci ecuaţiile funcţionării circuitului sînt

$$x_N = \bar{a}_{N-1}\bar{y}_{N-1} \tag{3}$$
$$y_N = \bar{b}_{N-1}x_{N-1}.$$

Dacă $a_{N-1} = b_{N-1} = 1$ şi $x_{N-1} = y_{N-1} = 0$ atunci $x_{N-1} = y_N = 0$ deci aceasta este o stare stabilă, pe care o vom lua starea de repaos:

$$a_0 = b_0 = 1 \quad x_0 = y_0 = 0.$$

Dacă, din repaos, acţionăm pe a, adică facem $a = 0$, $b = 1$, obţinem evoluţia

	a	b	x	y	
Poziţie de repaos	1	1	0	0	(P_1)
Acţionarea lui a	0	1	0	0	
	0	1	1	0	

Deci prin acţionarea lui a s-a trecut în poziţia $x = 1$, $y = 0$ care este stabilă. Dacă acţionăm şi pe b

	0	1	1	0	
Acţionarea lui b	0	0	1	0	(P_2)
	0	0	1	0	

şi poziţia nu se schimbă. Dacă din poziţia $x = 1$, $y = 0$, cînd numai a a fost acţionat, $a = 0$, $b = 1$, îl dezacţionăm pe a:

	0	1	1	0	
Dezacţionarea lui a	1	1	0	0	(P_3)

se intră în repaos $x = 0$, $y = 0$. Dacă dezacţionăm pe a din poziţia cînd a şi b au fost amîndoi acţionaţi $a = b = 0$,

	0	0	1	0	
Dezacţionarea lui a	1	0	1	0	
	1	0	0	0	(P_4)
	1	0	0	1	
	1	0	0	1	

şi poziţia $x = 0$, $y = 1$ este stabilă pentru a neacţionat, b acţionat $a = 1$, $b = 0$.

Analog evoluează circuitul la schimbarea lui a cu b, schimbînd pe x cu y.

Circuitul din fig. 6 funcţionează ca un multivibrator bistabil (flip-flop).

Nu putem acţiona simultan pe a şi b. Dacă am putea-o face, din poziţia de repaos

	1	1	0	0	
Acţionare simultană	0	0	0	0	(P_5)
	0	0	1	1	
	0	0	0	0	

am avea o pulsaţie între poziţiile $x = y = 0$ şi $x = y = 1$, dar la cea mai mică diferenţă de timp a funcţionării celor doi criotroni, dacă din poziţia $x = y = 0$ unul s-ar acţiona înaintea celuilalt am avea:

	0	0	0	0	
x se acţionează anterior lui y	0	0	0	0	
	0	0	1	0	
	0	0	1	0	(P_6)
y se acţionează anterior lui x	0	0	0	0	
	0	0	0	1	
	0	0	0	1	

deci s-ar atinge o poziţie stabilă; dacă unul din criotroni s-ar dezacţiona înaintea celuilalt din poziţia $x = y = 1$

	0	0	1	1	
x se dezacţinoează înainte a lui y	0	0	1	1	
	0	0	0	1	
	0	0	0	1	(P_7)
y se dezacţionează înaintea lui x	0	0	1	1	
	0	0	1	0	
	0	0	1	0	

s-ar ajunge de asemenea la o poziţie stabilă.

III.

Problema analizei funcţionării unui circuit cu criotroni cu comandă directă se face [2] [11] utilizînd algebra booleană [10] şi expresiile funcţiilor lui Sheffer, binecunoscute [2])

$$x \top y = \bar{x}\bar{y} \tag{4}$$
$$x \perp y = \bar{x} \cup \bar{y}.$$

[2]) Montajul în serie este notat „·" cel în paralel „∪" sau „+".

Problema analizei funcţionării în mai mulţi timpi a unui circuit cu criotroni se rezolvă analog problemei analizei funcţionării în mai mulţi timpi a unei scheme cu contacte şi relee [3—9] [12] [13] [14]. Pentru criotroni o expunem aici pentru prima oară.

Fie $X, \ldots, Z$ criotronii $\xi, \ldots, \zeta$ variabilele cu două valori 0,1 asociate curenţilor în înfăşurările criotronilor, ca în § II, $x, \ldots, z$ variabilele cu două valori 0,1 asociate conductibilităţii în firele supraconductoare, ca în § II. Fie $a, \ldots, c$ variabilele asociate diferiţilor curenţi de alimentare.

Variabilele $\xi, \ldots, \zeta$ sînt funcţii de $a, \ldots, c, x, \ldots z$, cunoscute cînd se cunoaşte desenul circuitului :

$$\begin{aligned} \xi_N &= f(a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \zeta_N &= g(a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \end{aligned} \tag{5}$$

Fiecare criotron are ecuaţia sa caracteristică

$$x_{N+1} = \bar{\xi}_N, \ldots, z_{N+1} = \bar{\zeta}_N \tag{6}$$

Eliminînd pe $\xi, \ldots, \zeta$

$$\begin{aligned} x_{N+1} &= F(a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ z_{N+1} &= G(a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \end{aligned} \tag{7}$$

cu

$$F = \bar{f}, \ldots, G = \bar{g} \tag{8}$$

E valabil :

Principiul determinismului. Sub comandă dată, evoluţia schemei este unic determinată de situaţia iniţială.

Problema sintezei circuitelor cu criotroni se rezolvă în acelaşi mod cum ea a fost rezolvată pentru schemele cu contacte şi relee [3—9] [12] [14] [3]).

Dacă ne dăm programul de funcţionare a criotronilor la un program dat al comenzilor, adică dacă ne dăm un sistem de tablouri ca $P_1 - P_7$ aceasta înseamnă că ne dăm funcţiile $F, \ldots, G$ prin ecuaţii (7) în care $a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N\ x_{N+1}, \ldots, z_{N+1}$ sînt daţi. (Se poate întîmpla ca funcţiile $F, \ldots, G$ să reiasă din aceste tablouri ca conţinînd parametri nedeterminaţi). Cunoscînd pe $F, \ldots, G$, funcţiile $f, \ldots, g$ sînt date de (8) şi există expresii în algebra booleană care să le genereze. Utilizînd formulele (10) şi ideea din § V a căror întrebuinţare este însă mult mai delicată decît cea a analoagelor lor pentru schemele cu contacte şi relee — reuşim să demonstrăm :

Teorema fundamentală. Dacă se dă programul de funcţionare a unor criotroni şi dacă acest program satisface principiul determinismului, există un circuit cu criotroni montaţi în serie şi paralel care să-l satisfacă, acest circuit conţinînd eventual şi alţi criotroni în afară de cei cu programul dat.

Fie $u, \ldots, w$ elementele executive (ieşirile) circuitelor cu criotroni.

$$\begin{aligned} u_N &= (a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ w_N &= (a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \end{aligned} \tag{9}$$

Problema sintezei cînd se dă programul funcţionării elementelor executive, fără să cunoaştem numărul nici conexiunile elementelor intermediare a fost rezolvată prin trei metode diferite : una datorită lui D. A. HUFFMAN, [15] [16] [17] [2] alta datorită lui GR. C. MOISIL şi GH. IOANIN [18] [19] [20] şi alta datorită lui GR. G. MOISIL [21]. În toate aceste metode, faptul că avem de a face cu criotroni sau cu alte elemente intermediare nu intervine, deci ele se aplică fără modificări la circuitele cu criotroni.

IV.

Problema simplificării circuitelor cu criotroni a fost studiată de noi într-un articol în curs de apariţie. Ea revine la studiul funcţiilor [4]) „$\top$", „$\perp$" şi al relaţiilor între ele.

De la început putem utiliza formule de interpolare care ne dau expresia unei funcţii cu funcţiile lui Sheffer „$\top$", „$\perp$". Aceste formule sînt

$$f(x_1, \ldots, x_n) = \top_{\alpha} [f(\bar{\alpha}_1, \ldots, \bar{\alpha}_n) \top L_{\alpha_1}(x_1) \top \ldots \top L_{\alpha_n}(x_n)] \tag{10}$$

$$f(x_1, \ldots, x_n) = \perp_{\alpha} [f(\alpha_1, \ldots, \alpha_n) \perp L_{\alpha_1}(x_1) \perp \ldots L_{\alpha_n}(x)]$$

unde :

$$\top_{\alpha} z_{\alpha} = z_1 \top \ldots \top z_n$$

$$\perp_{\alpha} z_{\alpha} = z_1 \perp \ldots \perp z_n$$

Funcţiile $z_1 \top \ldots \top z_n$ şi $z_1 \perp \ldots \perp z_n$ sînt funcţiile lui Sheffer de n variabile definite astfel : $z_1 \top \ldots \top z_n$ are valoarea 0 pentru orice valori ale variabilelor afară de $z_1 = \ldots = z_n = 0$ pentru care ia valoarea 1 ; $z_1 \perp \ldots \perp z_n$ are valoarea 1 pentru orice valori ale variabilelor în afară de $z_1 = \ldots = z_n = 1$ pentru care ia valoarea 0, Avem :

$$L_0(x) = \bar{x}$$
$$L_1(x) = x.$$

[3]) Alte metode în ALONZO CHURCH : Application of recursire arithmetic in the problem of circuit analysis. Summer meeting of Ithaca. E. C. BERKELEY. Circuit algebra (cunoaştem numai recenzia din Journal of symbolic logic XX. p.194). ALONZO CHURCH: recenzia cărţii lui KEISTER, RITCHIE şi WASHBURN în Journal of symbolic logic XVIII p. 347. D. HUFFMAN: The synthesis of linear sequential coding networks. Symposium on information theory. London 1955 p. 77. IU. IA. BAZILEVSKI: Voprosî teorii matematiceskih maşinî, 1958, p. 9 şi 38.

[4]) Funcţiile „$\top$" intervin şi în circuitele cu triode, funcţiile „$\top$", „$\perp$" intervin şi în circuitele cu transistori ; vezi nota precedentă.

Exemple de formule de simplificare:

$$a \top a \top x_1 \top \ldots \top x_n = a \top x_1 \ldots \top x_n$$

$$a \perp a \perp x_1 \perp \ldots \perp x_n = a \perp x_1 \ldots \perp x_n$$

$$0 \top x_1 \top \ldots \top x_n = x_1 \top \ldots \top x_n$$

$$1 \perp x_1 \perp \ldots \perp x_n = x_1 \perp \ldots \perp x_n$$

$$1 \top x_1 \top \ldots \top x_n = 0$$

$$0 \perp x_1 \perp \ldots \perp x_n = 1$$

$$a \top \bar{a} \top x_1 \top \ldots \top x_n = 0$$

$$a \perp \bar{a} \perp x_1 \perp \ldots \perp x_n = 1$$

Vom da, dintre diferitele formule de simplificare citate în lucrarea din Studii şi cercetări matematice, cîteva exemple. Legile de absorbţie:

$$(a \top b) \top (a \top b \top c \top d) \top e = (a \top b) \top e \quad (1)$$

$$(a \perp b) \perp (a \perp b \perp c \perp d) \perp e = (a \perp b) \perp e. \quad (2)$$

Un caz special este dat, de exemplu, de

$$a \top (a \top b) \top c = a \top \bar{b} \top c \quad (3)$$

$$a \perp (a \perp b) \perp c = a \perp \bar{b} \perp c \quad (4)$$

alt caz special este dat de

$$a \top (a \top b \top c) \top d = a \top (b \top c) \top d \quad (5)$$

$$a \perp (a \perp b \perp c) \perp d = a \perp (b \perp c) \perp d \quad (6)$$

altul de

$$(a \top b) \top (a \top b \top c) = \bar{a} \perp \bar{b} \quad (7)$$

$$(a \perp b) \perp (a \perp b \perp c) = \bar{a} \top \bar{b} \quad (8)$$

altul este dat de

$$b \top (a \top b) = \bar{a} \top b \quad (9)$$

$$a \perp (a \perp b) = a \perp \bar{b} \quad (10)$$

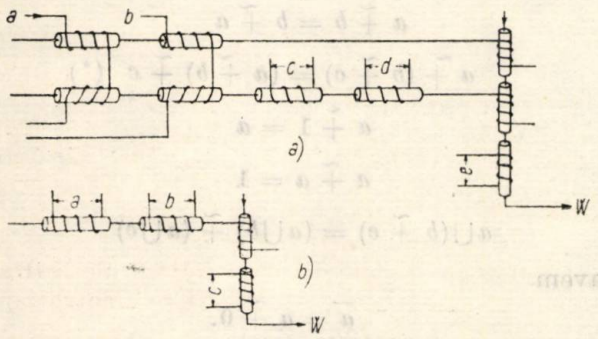


Fig. 7

Exemplele de mai sus arată cum putem, prin calcul, simplifica circuitele cu criotroni. Figurile 7, *a* — 16, *a* dau circuitele ale căror formule de structură sînt primii membri ai egalităţilor (1) — (10); formulele (1) — (10) ne arată că aceste formule de structură dau scheme

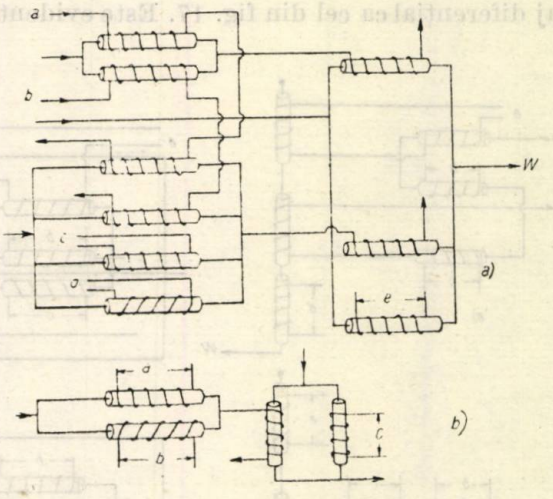


Fig. 8

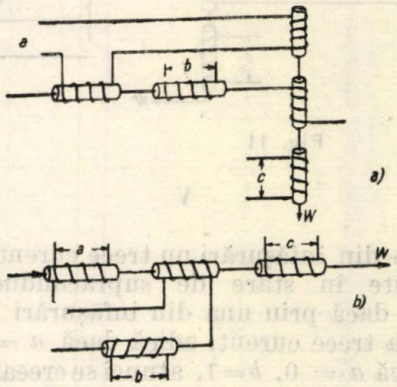


Fig. 9

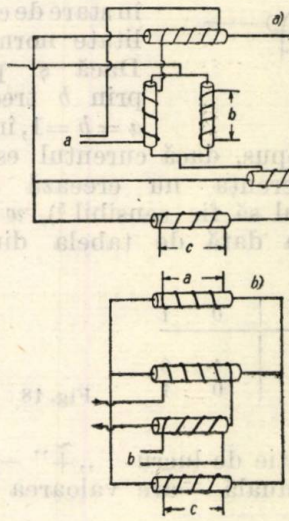


Fig. 10

funcţional echivalente cu cele date de membrii ai doilea ai egalităţilor (1) — (10); acestea sînt formulele de structură ale circuitelor mai

simple — adică cu un număr mai mic de criotroni — date în figurile 7, *b* — 16, *b*.

În afară de montajele în serie şi paralel ale criotronilor date de D. A. Buck, sîntem îndemnaţi să considerăm şi un montaj diferenţial ca cel din fig. 17. Este evident că dacă prin

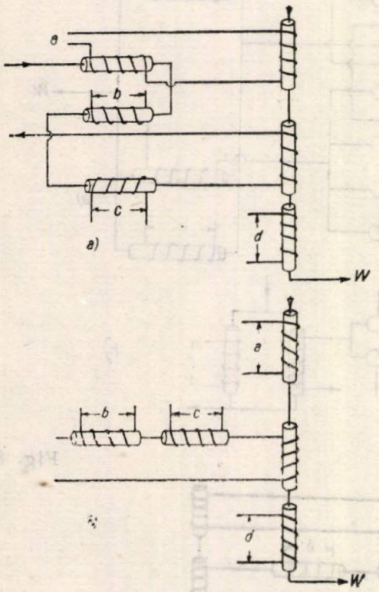


Fig. 11

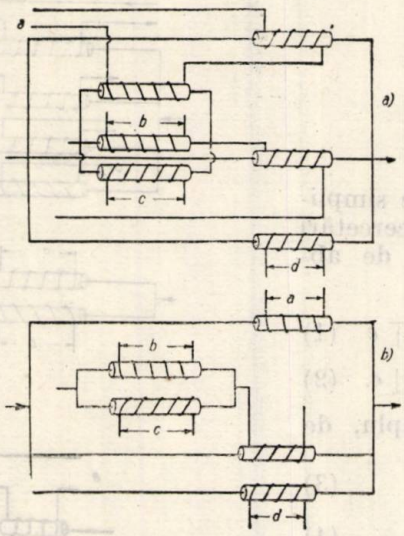


Fig. 12

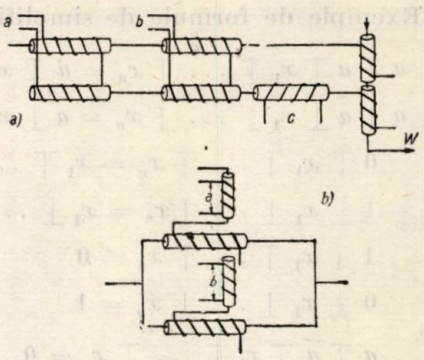


Fig. 13

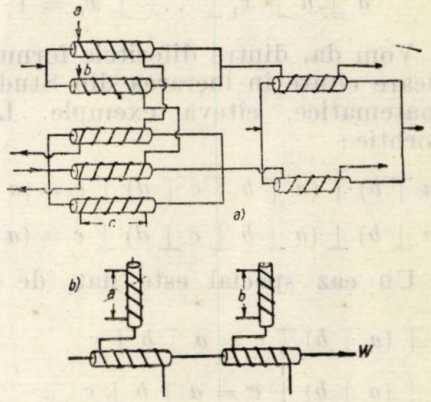


Fig. 14

V

nici una din înfăşurări nu trece curent $a=b=0$, firul este în stare de supraconductibilitate $w=1$; dacă prin una din înfăşurări şi numai prin una trece curent, adică dacă $a=1$, $b=0$ sau dacă $a=0$, $b=1$, atunci se creează cîmpul magnetic şi firul este în stare de conductibilitate normală $w=0$. Dacă şi prin a şi prin b trece curent $a=b=1$, înfăşurările fiind de sens opus, dacă curentul este acelaşi sau dacă diferenţa nu creează un cîmp pentru care firul să fie sensibil [5]), $w=1$. Deci w este funcţia dată de tabela din fig. 18.

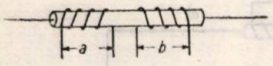


Fig. 17

$\tilde{+}$	0	1
0	1	0
1	0	1

Fig. 18

Această funcţie de lucru „$\tilde{+}$” — pe care o numim suma dual㠗 are valoarea

$$x \tilde{+} y \equiv x + y + 1 \pmod 2$$
$$= ab \cup \bar{a}\bar{b}$$

[5]) Nu ştim dacă această condiţie este tehnic realizabilă.

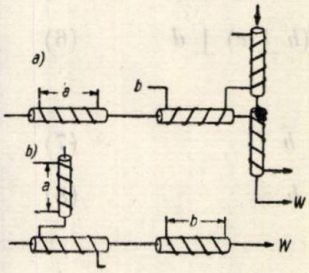


Fig. 15

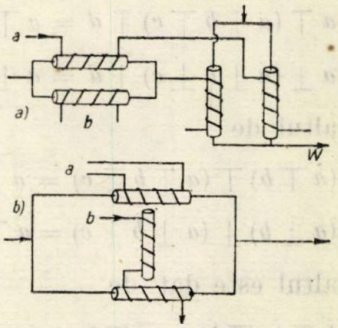


Fig. 16

Ea are următoarele proprietăţi [6])

$$a \tilde{+} b = b \tilde{+} a$$
$$a \tilde{+} (b \tilde{+} c) = (a \tilde{+} b) \tilde{+} c \quad (*)$$
$$a \tilde{+} 1 = a$$
$$a \tilde{+} a = 1$$
$$a \cup (b \tilde{+} c) = (a \cup b) \tilde{+} (a \cup c)$$

avem

$$\bar{a} = a \tilde{+} 0.$$

Formula (*) arată echivalenţa între circuitele 19, *a*, 19, *b*:

[6]) Pentru „$\tilde{+}$” ca adunare şi „$\cup$” ca înmulţire, 0 şi 1 formează un corp, isomorf cu corpul claselor de resturi modulo 2.

Montajul din fig. 20 ne dă $w = 1$ dacă şi numai dacă şi primul criotron este în stare de supraconductibilitate ($a = 0$) şi cel de al doilea, deci dacă prin cel de al doilea efectul curentului neîntrerupt este anulat de curentul prin b, deci dacă $b = 1$, deci

$$w = \bar{a}b$$

notăm

$$w = b - a.$$

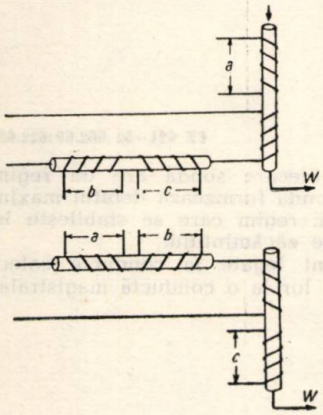


Fig. 19

Mai general, montajul din fig. 21 are funcţia de lucru

$$w = \bar{x}_1 \ldots \bar{x}_n y_1 \ldots y_m$$

Montajul din fig. 22 are funcţia de lucru

$$w = \bar{a} \cup b.$$

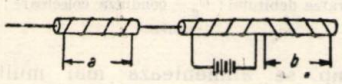


Fig. 20

numită „implicaţie" şi notată

$$w = a \rightarrow b$$

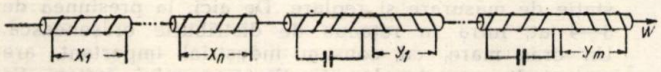


Fig. 21

iar cel mai general, din fig. 23, are funcţia de lucru

$$w = \bar{x}_1 \cup \ldots \cup \bar{x}_n \cup y_1 \ldots \cup y_m$$

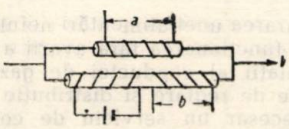


Fig. 22

După cum se vede în formulele de structură ale schemelor cu criotroni apar toate funcţiile cunoscute din Logica matematică: în afară de conjuncţie, disjuncţie şi negaţie, apar funcţiile lui Sheffer, implicaţia, diferenţa şi suma duală; singură suma modulo 2 trebuie construită ca în fig. 24:

$$w = x + y \qquad (\text{mod. } 2)$$

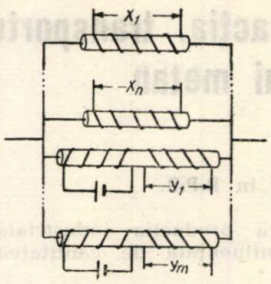


Fig. 23

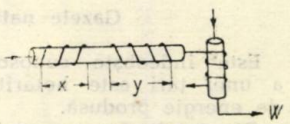


Fig. 24

BIBLIOGRAFIE

[1] BUCK, D. A.: *The cryotron, A superconductive computer component.* Proc. Inst. radio engrs., XLIV (1957) 4, 482–493.

[2] CALDWELL, H. S.: *Switching circuits and logical design.* John Willey & Sons, 1958, 608–613.

[3] MOISIL, C. GR.: *Ecuaţiile caracteristice ale unui releu.* Studii şi cercetări ştiinţifice. Academia R.P.R., filiala Cluj, VI, (1955), 7.

[4] MOISIL, C. GR.: *Sur la théorie algébrique des mécanismes automatiques; synthése des schémas à relais polarisés.* Comunicare la Congresul de la Dresda, 22 – 26 noiembrie 1955, p. 51.

[5] MOISIL, C. GR.: *Sur la synthèse des schémas à relais polarisés.* Izvestia Akademii Nauk, Sofia, II, (1957), 121.

[6] MOISIL, C. GR.: *Sur la théorie algébrique de certains circuits électriques.* Journal de mathématiques pures et appliquées, XXXVI, (1957), 617.

[7] MOISIL, C. GR.: *Zarys algebry automatycznych ukladow-prezeka-znikowo stychowych.* Zastosowania matematik IV (1958), 1.

[8] MOISIL, C. GR.: *Raportul prezentat la consfătuirea de la Moscova.* Octombrie, 1957 (sub tipar).

[9] MOISIL, C. GR.: *Teoria algebrică a mecanismelor automate.* Editura Tehnică, Bucureşti (sub tipar).

[10] GAVRILOV, M. A.: *Teoria releino kontaktnih shem.* Moscova—Leningrad, 1950.

[11] MOISIL, C. GR.: *Scheme cu comandă directă, cu contacte şi relee.* Editura Academiei R.P.R., Bucureşti (sub tipar), (1959).

[12] ŞESTAKOV, V. I.: Avtomatica i telemehanica XV (1954) 2, 107–123 şi XV (1954) 4, 310 – 324.

[13] MOISIL, C. GR.: *Lecţii asupra teoriei algebrice a mecanismelor automate.* Institutul de cercetări electrotehnice, Bucureşti, 1954.

[14] MOISIL, C. GR.: *Teoria algebrică a funcţionării schemelor cu contacte şi relee în mai mulţi timpi.* Studii şi cercetări matematice, VI, (1955), 7.

[15] HUFFMAN, D. A.: *The synthesis of sequential switching circuit.* Journal of the Franklin Institute, 267 (1954), 161–190, 273–303.

[16] MEALY, G. H.: *A method for synthesizing sequential circuits.* The Bell system technical journal 1955, 1045–1079.

[17] NASLIN, P.: *Circuits à relais et automatismes à sequences.* Ed. Dunod, Paris, 1958.

[18] MOISIL, C. GR. şi IOANIN, GH.: *La synthèse des schémas à contacts et relais avec des conditions données pour les éléments exécutifs.* Revue de mathématiques pures et appliquées, I (1956), 167.

[19] MOISIL, C. GR.: *Sur un théorème d'existence dans la théorie algébrique des mécanismes automatiques discrets.* Revue de mathématiques pures et appliquées, III (1958), 1.

[20] IOANIN, GH.: Sur *un problème concernant les schémas avec sélécteurs.* Acta logica, (1958), 187.

[21] MOISIL, C. GR.: O *metodă pentru sinteza schemelor cu programe de lucru date.* Studii şi cercetări. Academia R.P.R., filiala Iaşi, VI (1955), 19.

VALERIA TUDOROIU*)

Automatizări în extracţia, transportul şi distribuţia gazului metan

CZ 621 – 52 :662.69 :622.698

Gazele naturale în R.P.R.

Este îndeobşte cunoscut că producţia industrială a unei ţări este hotărîtor influenţată de cantitatea de energie produsă.

Din totalitatea energiei produse pe glob, 12% este provenită din gaz metan. Pentru multe ţări această cifră este mult mai mare. Între aceste ţări se numără şi R.P.R.

Din cifrele de control ale planului de dezvoltare a industriei ţării noastre pe anul 1959, se observă hotărîrea de a da o pondere mult mai mare ca pînă acum petrolului şi gazelor naturale în producţia de combustibil. R.P.R. ocupă azi locul doi în Europa în producţia de gaze naturale.

Exploatarea gazului metan [1]) şi aspecte generale ale automatizării (fig. 1)

Gazul metan se extrage de la adîncimi mergînd pînă la 3000 de metri. Extracţia se face prin sonde.

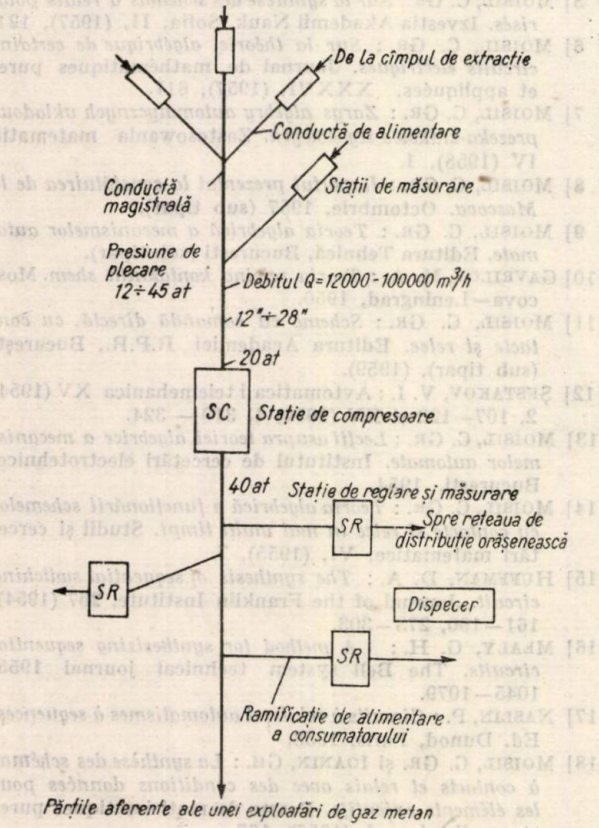


Fig. 1. Părţile aferente ale unei exploatări de gaz metan.

Fiecare sondă este prevăzută cu un ventil de laminare (la noi în ţară de tip colţar), prin care se reglează debitul sondei (fig. 2). Fiecare sondă are un regim optim de lucru, la care sonda furnizează debitul maxim fără a antrena impurităţi, regim care se stabileşte în funcţie de particularităţile zăcămîntului.

Sondele unui cîmp sînt legate la conducte colectoare şi acestea la rîndul lor la o conductă magistrală.

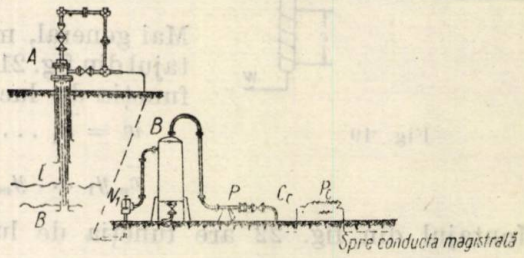


Fig. 2. Schema instalaţiilor de extracţie a gazului metan:
A – cap de erupţie; V_1 – ventil colţar; E – ţeava de extracţie; B – coloana de exploatare; S – separator de apă şi impurităţi; P – poligon de măsurarea debitului; C_c – conductă colectoare; P_c – poligon central.

Dintr-un cîmp se alimentează mai multe conducte magistrale: sondele de presiune mare alimentează conducte mai lungi, cele de presiune joasă conducte mai scurte.

La ieşirea din cîmp fiecare conductă de alimentare a magistralei trece printr-un panou de măsurare a presiunii şi debitului de gaz metan. Dacă este necesar, pe magistrală se montează o staţie de compresoare [2]). La conducta magistrală se leagă numeroase racorduri pentru alimentarea oraşelor sau industriilor. Înainte de intrarea în oraş, gazul metan trece printr-o staţie de măsurare şi reglare. De aici, la presiunea de 3—4 at, intră în reţeaua de distribuţie orăşenească. Un oraş mare, cu consum industrial important, are mai multe puncte de injecţie a gazului metan. Se creează astfel un inel de presiune înaltă, de la care se alimentează casele de reglare raionale ce se leagă între ele pentru a forma un inel de presiune joasă. De aici gazul metan se distribuie la consumatori. Rezultă că exploatarea gazului metan cuprinde un număr mare de agregate răspîndite pe un teritoriu întins.

În lipsa automatizării, manevrarea şi controlul agregatelor se face manual. Acesta nu mai este satisfăcător, cînd alimentarea cu gaz metan capătă o mare importanţă şi cînd cu gaz metan se alimentează industrii, termocentrale, etc.

Pentru asigurarea unei alimentări neîntrerupte cu gaze, este necesară funcţionarea fără avarii a întregului complex de instalaţii al conductei de gaze, de extracţie, pînă la staţiile de reglare şi distribuţie la consumatori, adică este necesar un serviciu de control şi de comandă a funcţionării tuturor instalaţiilor conductelor de gaze.

La ora actuală în lume există două tipuri de control centralizat a conductelor şi anume:

un tip de control în circuit deschis, cu dispeceri separaţi de exploatare, transport şi distribuţie, care lucrează după un program prestabilit şi care cunosc

*) Ing. V. TUDOROIU este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

[1]) Prin exploatarea gazului metan se va înţelege extracţia, transportul şi distribuţia sa.

[2]) Pînă azi la noi în ţară gazele naturale nu se comprimă la plecare. Ele pleacă cu presiune naturală, variind între 12 şi 45 at după necesităţi.

fiecare date din domeniul celuilalt. La acest tip de control, dispecerul citeşte valorile parametrilor, permanent sau periodic şi în funcţie de acestea dă diferite comenzi. Instalaţiile de acest tip sînt în funcţiune de mai bine de 10 ani şi ele fac obiectul acestui articol. Aceste instalaţii folosesc în general traducători analogici iar telecomenzile sînt date de dispecer, care controlează şi executarea lor.

tipul de control automat în circuit închis, folosit pentru dispecerizări complexe care înlocuieşte dispecerul cu o maşină de calculat, ce primeşte informaţii de pe conductă şi dă comenzi pe care le controlează. Acest din urmă tip de control, reuşeşte să realizeze mai bine ca primul regimul optim de exploatare al conductelor.

Controlul automat în circuit închis al exploatărilor de gaz metan este acum la începuturile sale şi aparatura pe care o cere este deocamdată o problemă încă nerezolvată industrial. Traductorii folosiţi sînt mai ales traductorii numerici.

Ţara noastră este acum în situaţia de a trece exploatarea de gaz metan, de la manevrarea exclusiv manuală, la un control centralizat de tipul întîi. Fără îndoială că şi în R.P.R. se va trece ulterior la controlul în circuit închis în vederea realizării unui dispecer naţional al exploatării gazului metan. Se vor examina în cele ce urmează feluritele aspecte ale controlului centralizat, în extracţia, transportul şi distribuţia gazului metan.

AUTOMATIZĂRI IN EXTRACŢIA GAZELOR

Dispecerizarea extracţiei

Cîmpurile de extracţie a gazului metan ocupă suprafeţe întinse. Cele din R.P.R. se întind pe circonferinţe al căror diametru variază între 4—10 km. Numărul de sonde cuprins într-un cîmp variază între 20—60 (fig. 3).

Controlul centralizat al cîmpurilor de extracţie, se face în general dintr-un centru de dispecer situat aproximativ în centrul de greutate al cîmpului.

Totalitatea operaţiilor şi a agregatelor care servesc la controlul centralizat al funcţionării unor instalaţii sînt cuprinse aici în noţiunea de dispecerizare. Dispecerizarea urmăreşte transmiterea pe un panou a tuturor parametrilor necesari conducerii efective a unei schele. Aceştia sînt: presiunea şi debitul (întotdeauna) şi temperatura gazului (uneori). Panoul este deservit de un dispecer care, folosind informaţiile primite, dă comenzi care hotărăsc regimul de funcţionare al sondelor şi deci al schelei în ansamblu. Stabilirea unui regim optim se face prin comenzi succesive cu atît mai puţin numeroase cu cît experienţa şi priceperea dispecerului este mai mare.

Program tehnologic

Controlul centralizat al schelelor de gaz metan pune probleme de telemăsură, telesemnalizare şi de telecomandă :

se telemăsoară presiunea pe conducta de exploatare, presiunea în conducta de colectare şi debitul sondei.

se telecomandă o vană care reglează debitul sondei şi eventual închide sonda, uneori (în caz că este necesar) şi o vană de introducere a metanolului în conductă pentru a se preîntîmpina formarea hidraţilor.

se telesemnalizează depăşirea valorilor impuse pentru presiune sau debit, uneori pentru amîndouă.

Aceste telemăsuri, telesemnalizări şi telecomenzi, sînt în majoritatea lor comune, atît dispecerizărilor americane, cît şi dispecerizărilor sovietice (de exemplu în U.R.S.S. marea exploatare de la Strîi şi sectorul Ungheresk, în totalitatea sa). În unele cazuri (la zăcămintele de la Lacq din Franţa de exemplu) se măsoară şi temperatura după încălzitor şi se semnalizează poziţia ventilelor circuitului principal al sondei.

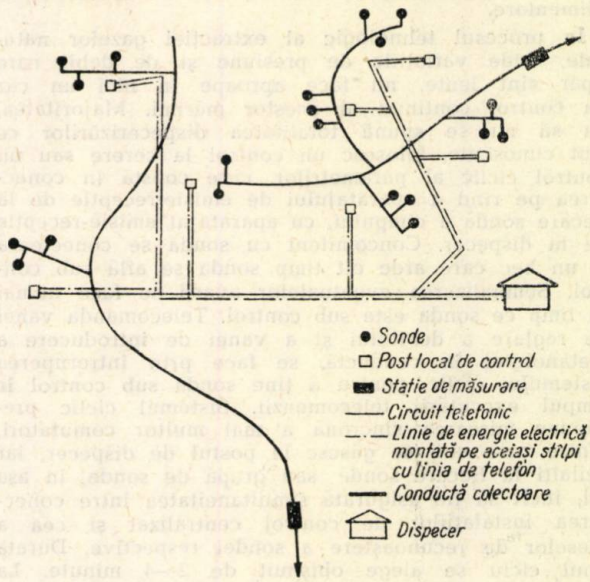


Fig. 3. Planul unui cîmp de sonde.

Telemăsuri şi telecomenzi

Parametrii de mai sus, presiunea şi debitul, se măsoară cu manometre de presiune statică şi manometre diferenţiale sau debitmetre. Pentru a putea fi transmise la distanţă, aceste mărimi sînt transformate într-o mărime electrică. Transformarea aceasta se face de multe ori cu un traductor potenţiometric. Aparatele primare au fixat pe ele cîte un potenţiometru, alimentat de la o sursă de mică tensiune. Odată cu variaţia mărimii de măsurat, variază poziţia acului indicator al aparatului şi deci şi a cursorului potenţiometrului montat pe aparat, ceea ce atrage după sine o variaţie a tensiunii electrice culese la bornele potenţiometrului. Această tensiune poate fi transmisă la dispecer prin metode care se vor analiza mai departe.

La telecomandarea vanelor de reglare a debitului se transmite un semnal de comandă care pune în funcţiune, în sensul dorit, motorul de antrenare al vanei. Poziţia vanei se transmite permanent la dispecer în timpul telecomenzii pentru a avea controlul telecomenzii date şi deci a realiza reglarea în bune condiţiuni. Transmiterea poziţiei vanei se poate înlocui cu telemăsurarea parametrului reglat în tot timpul telecomenzii.

Telesemnalizarea se face cu aparate primare prevăzute cu contacte reglabile de limită. La atingerea limitelor, la dispecer se face o semnalizare optică sau acustică, sau de amîndouă felurile, după importanţa parametrului supraveghiat. La distanţe de peste 5 km, transmiterea directă a unei amplitudini se face cu precauţiuni speciale. În aceste cazuri, în care se urmăreşte folosirea multiplă a unui circuit fizic, telemăsurile şi telecomenzile se transformă în mărimi neinfluenţate de atenuare, ca : frecvenţe, faze, frecvenţe de repetiţie, durată de impulsuri etc. Într-o dispecerizare de extracţie intră deci ca operaţii : telemăsuri, telesemnalizări şi telecomenzi, iar ca aparataj : aparate primare cu traductor electric, eventual emiţători de telemăsură, de reglare comandate electric — la punctul controlat şi la dispecer — aparate indicatoare, înregistratoare, receptori de telemăsură, relee de semnalizare, becuri, sonerii.

Organizarea dispecerizării extracţiei

Organizarea dispecerizării, adică felul în care aceste informaţii şi comenzi ajung de la punctul controlat la dispecer şi înapoi, introduce anumite elemente suplimentare.

În procesul tehnologic al extracţiei gazelor naturale, unde variaţiile de presiune şi de debit care apar sînt lente, nu face aproape în nici un caz un control continuu al acestor mărimi. Majoritatea, ca să nu se spună totalitatea dispecerizărilor ce sînt cunoscute, folosesc un control la cerere sau un control ciclic al parametrilor, care constă în conectarea pe rînd a aparatajului de emisie-recepţie de la fiecare sondă a cîmpului, cu aparatajul emisie-recepţie de la dispecer. Concomitent cu sonda se conectează şi un bec care arde cît timp sonda se află sub control. Semnalizarea eventualelor avarii se face numai în timp ce sonda este sub control. Telecomanda vanei de reglare a debitului şi a vanei de introducere a metanolului în conductă, se face prin întreruperea sistemului ciclic, pentru a ţine sonda sub control în timpul executării telecomenzii. Sistemul ciclic presupune mişcarea sincronă a mai multor comutatori, dintre care unii se găsesc la postul de dispecer, iar ceilalţi la fiecare sondă sau grupă de sonde, în aşa fel, încît să fie asigurată simultaneitatea între conectarea instalaţiilor de control centralizat şi cea a pieselor de recunoaştere a sondei respective. Durata unui ciclu se alege obişnuit de 2—4 minute. La dispecer se instalează şi aparatele înregistratoare multiple. Făcîndu-se sincronizarea între comutare şi aparatul înregistrator, se obţine pentru fiecare parametru controlat, o înregistrare prin puncte distanţate cu intervalul ciclului, adică 2—4 minute. Într-un ciclu pot intra 4—10 sonde, după sistemul de comutare folosit. Măsurarea fiecărei sonde, se face timp de circa 15 secunde, restul de timp este consumat pentru operaţii de comutare etc. Unele sisteme ciclice folosesc pentru comenzi, telemăsuri şi telesemnalizări, două fire, care pot fi cele ale liniei telefonice. În timpul telecomenzii, telemăsura se întrerupe. Sistemul ciclic de dispecerizare este folosit şi atunci cînd la transmiterea informaţiilor, se foloseşte comunicaţia prin radio.

Sistemul ciclic asigură posibilitatea cunoaşterii amănunţite a tuturor fenomenelor ce apar în exploatare, prin examinarea curbelor înregistrate. În realizările actuale, controlul ciclic are însă şi inconveniente. Sistemele ciclice cele mai des întîlnite astăzi, realizează comutarea prin piese în mişcare. Ori acestea au o uzură mare şi trebuie înlocuite sau în orice caz revizuite la 3—4 luni, cel puţin. Acest lucru nu este simplu de realizat, cînd este vorba de instalaţii răspîndite pe o suprafaţă întinsă, cum sînt sondele unui cîmp. Din informaţiile pe care le avem, se pare că din acest motiv, în U.R.S.S. există tendinţa de a fi înlocuite. O funcţionare sigură a unui sistem ciclic se poate obţine numai cu un aparataj, deocamdată scump şi complicat. Asemenea aparataj există şi încă de foarte bună calitate, dar nu rentează deocamdată a fi instalat, decît în cazul în care se transmite un număr mare (mai mare ca şase) de parametri de la un punct. Fabricarea unor comutatori statici pe scară industrială şi la preţuri convenabile, va permite introducerea largă a instalaţiilor de control ciclic.

Celălalt tip de control nepermanent, controlul la cerere, realizează controlarea unei sonde sau a unui grup de sonde, prin alegerea de la dispecer a obiectului de controlat, prin chei, butoane, sau un disc telefonic, apelul făcîndu-se prin apăsarea cheei sau butonului sondei respective, sau prin formarea la disc a numărului afectat sondei. Pe aparatele indicatoare montate pe panoul dispecerului apar valorile parametrilor controlaţi la sonda respectivă. Parametrii se menţin cît timp nu se apasă pe butonul de stingere care deconectează sonda respectivă şi dă posibilitatea chemării alteia. În timp ce o sondă este sub control, i se pot transmite diferite telecomenzi. Telesemnalizarea funcţionează permanent indiferent că sonda este sub control sau nu. Se realizează în felul acesta o supraveghere permanentă a ieşirii din limită.

Sistemul de control la cerere, este mult mai simplu decît cel ciclic. Problema esenţială pe care o pune este aceea a sistemului de alegere al sondei, care se poate face în multe feluri şi anume:

pe bază de frecvenţe variabile (fiecărui post îi este afectată o frecvenţă. La emiterea unui semnal de această frecvenţă se acţionează dispozitivul de anclanşare la linie al acelui post şi numai al aceluia);

pe bază de modulaţie în fază;

cu modulaţie în frecvenţă, durată, sau cod de impulsuri.

La ora actuală se demonstrează că modulaţia de cod este cea mai sigură; în favoarea celorlalte sisteme de alegere, pledează însă, în unele cazuri, considerente de economicitate şi simplitate care le dau prioritate uneori în faţa sistemului de alegere în cod. Indiferent de sistemul de alegere, dispecerizarea la cerere trebuie să aibă diverse blocări şi semnale de recunoaştere sau control, care să facă imposibile sau cunoscute conectările greşite. Dispecerizarea la cerere, are în avantajul ei, simplitatea şi uşurinţa de exploatare. În schimb parametrii sondei sînt cunoscuţi numai la voinţa dispecerului, iar supravegherea permanentă a sondei este lăsată în seama unui dispozitiv de semnalizare.

Există în funcţiune instalaţii cu amîndouă tipurile de dispecerizare. În exploatare, cu aparataj de comutare dinamic, controlul ciclic s-a arătat foarte dificil, greu de întreţinut şi nesigur. Controlul la cerere, care asigură un control tehnologic minimal şi un control riguros al regimului de avarie, cu pretenţii mai reduse de aparatură, pare a fi suficient.

Canale de comunicaţie

Transmiterea informaţiilor de la sondă la dispecer, indiferent de forma în care sînt transmise aceste informaţii (frecvenţe variabile, modulaţie de impulsuri), sau de felul în care este organizată dispecerizarea, se poate face pe circuit fizic, sau prin radio. Transmiterea prin circuit fizic, presupune că fiecare sondă, sau grup de sonde, este legat de dispecer prin cel puţin o pereche de fire. Acest circuit se foloseşte cît mai raţional pentru transmiterea unei convorbiri telefonice, a unor telemăsuri, telecomenzi, apel şi deconectare, (respectiv comutare şi sincronizare), uneori chiar a două sau trei din aceste operaţii simultan. Există sisteme de dispecerizare, care folosesc trei fire, dar cele mai recente folosesc două fire în comutare ciclică sau citire la cerere. Transmiterea prin radio presupune ca fiecare punct de controlat să fie echipat cu cîte un aparat de radio emisie-recepţie. Postul de radio de la dispecer se acordează pe diferitele frecvenţe ale posturilor şi recepţionează telemăsurile şi telesemnalizările, iar prin emiţător se transmit comenzile, care sînt recepţionate la punctul controlat.

O asemenea dispecerizare este în funcţiune la cîmpul Lacq, din Franţa. Particularităţile acestui cîmp impun un control ciclic cu citiri dese.

Ca tendinţă, putem spune că toate schemele de dispecerizare, trec spre simplificarea aparatajului şi spre economia de circuite. Este de prevăzut că într-un viitor nu prea îndepărtat, tehnica nouă a circuitelor cu tranzitori va înclina balanţa în favoarea dispecerizării fără fir, cu aparate de radioemisie-recepţie şi supraveghere ciclică, care are faţă de celelalte multe avantaje economice şi tehnologice, de simplitate, uşurinţă de exploatare şi mai ales de economicitate ca investiţie. Această aparatură nouă, va

permite şi realizarea unor supravegheri ciclice, cu o aparatură mai simplă şi mai sigură.

TRANSPORTUL GAZULUI METAN

Generalităţi asupra conductelor de gaz metan şi automatizării lor

În cele mai multe cazuri, cîmpurile de gaze sînt situate la mare distanţă de centrele industriale pe care le alimentează. Gazul are de parcurs uneori sute, chiar mii de km pînă ajunge la destinaţie. Presiunea de plecare a gazului depinde de lungimea conductei şi de debitul ei. La valori mari ale debitului şi la lungimi mari de conductă, este mai avantajos să se construiască o conductă de diametru mai mic, care să lucreze la presiune mai mare. Cum nu este raţional să se ridice prea mult presiunea de la capăt, pe conductă se montează o staţie de compresoare, care schimbă repartiţia presiunii, ca în

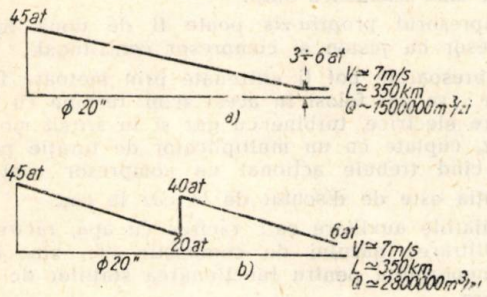


Fig. 4. Distribuţie de presiune la o conductă : fără staţie de compresoare(*a*) şi cu staţie de compresoare intermediară (*b*). Datele conţinute în diagramă sînt informative.

fig. 4. Efectul imediat este o creştere importantă a debitului aceleiaşi conducte, faţă de cazul funcţionării fără comprimare intermediară. Viteza gazului de-a lungul conductelor de gaz metan este foarte mică, de ordinul 4—8 metri pe secundă. Regiunile pe care le străbate o conductă sînt de multe ori departe de sate şi de reţele energetice. Aceasta face ca problemele care apar la automatizarea conductelor să ceară de multe ori, soluţii deosebit de ingenioase.

Din punct de vedere al instalaţiilor de automatizare, conducta de gaz metan se prezintă ca un complex de agregate, răspîndite pe o mare distanţă, ce trebuie controlate şi acţionate dintr-un punct central. La acelaşi punct central, se controlează funcţionarea reglajelor automate şi a comenzilor complexe, de la distanţă. Un dispecer complex de conductă trebuie să rezolve următoarele probleme :

controlul centralizat al parametrilor tehnologici ai conductei propriu zise şi al agregatelor aferente conductei ;

reglajul automat al unor parametri tehnologici ai conductei şi ai agregatelor conductei ;

măsuri de siguranţă pentru evitarea avariilor grave şi detectarea scăpărilor mici ;

întreţinerea conductei şi a agregatelor conductei ;

Se va analiza pe rînd cum se realizează fiecare din aceste obiective.

Controlul centralizat al parametrilor tehnologici ai conductei propriu-zise şi al agregatelor aferente conductei

Acest control centralizat urmăreşte să pună la dispoziţia dispecerului informaţii asupra :

valorilor de presiune şi debit în punctele de ramificaţie mai importante ;

valorilor de presiune şi debit la intrarea în magistrală a conductelor de alimentare din schele ;

valorilor temperaturii atmosferice necesare prevederilor de consum, deci a regimului conductei ;

să permită :

telecomandarea vanelor de secţionare şi a unor vane de reglare ;

telecomanda presiunii de ieşire a staţiilor de compresoare montate în lungul conductei ;

să realizeze :

supravegherea ieşirii din limite a unor parametri critici ;

controlul de la distanţă a staţiilor de compresoare.

Materializarea acestor posibilităţi este făcută prin panoul dispecerului, care are aparate indicatoare pentru citirea valorilor parametrilor tehnologici, becuri de semnalizat pentru supravegherea ieşirii din limite, butoane pentru darea telecomenzilor şi posibilităţi de control a executării telecomenzilor.

Organizarea controlului centralizat al conductelor. Aşa cum s-a arătat şi la analizarea instalaţiilor de dispecerizare a extracţiei de gaz metan, controlul centralizat se poate face fie prin controlul permanent al parametrilor (ceea ce se întîlneşte mai rar), fie prin controlul la cerere, fie printr-o combinare de control permanent şi control la cerere. Ultima variantă este foarte des întîlnită : prin controlul permanent al unor parametri se urmăreşte realizarea unei imagini în mare a regimului de funcţionare al conductei ; prin aceea că restul parametrilor se controlează la cerere, se aduce o simplificare a instalaţiei.

Celălalt tip de control nepermanent şi anume controlul ciclic, este puţin întîlnit acum, dar din ce în ce mai des întîlnit la instalaţiile ce sînt în curs de montare, sau se vor monta anul acesta şi este de cele mai multe ori legat de transmiterile codificate şi de aparatură cu tranzistori.

La citirile nepermanente, alegerea posturilor locale de control se face fie printr-o selecţie de frecvenţă, fie printr-una de cod, număr de impulsuri, apel telefonic cu disc etc.

Indiferent de tipul de selecţie folosit, la postul de dispecer se montează o instalaţie care produce semnalul de selecţie şi îl trimite în linie, iar la postul controlat există un receptor al acestui semnal. După primirea semnalului de selecţie, postul ales trimite spre dispecer un semnal de recunoaştere. La dispecer există un dispozitiv de recunoaştere al acestui semnal şi dacă postul care răspunde este cel care trebuia selectat, atunci se dau comenzile şi apar pe aparatele indicatoare mărimile parametrilor controlaţi.

Pentru dispecerizările de conducte în sistem deschis, aceste sisteme combinate, de citiri permanente şi citiri la cerere, dau cele mai bune rezultate ; din punct de vedere economic au avantaje serioase faţă de cele cu control permanent.

Indiferent de tipul de organizare ales pentru instalaţia de control centralizat, realizarea ei necesită montarea unui aparataj adecvat, atît la fiecare dintre punctele de controlat, pe care noi le vom numi de aici înainte posturi locale de ramificaţie, cît şi la dispecer.

Aparatura posturilor locale o vom discuta separat după cum :

— postul local este un punct de ramificaţie ,

— postul local este o staţie de compresoare.

Aparatura unui punct de ramificaţie. În acest caz, este necesar să se măsoare şi să se transmită la dispecer mărimea presiunii şi a debitului pe ramificaţie şi să se telecomande o vană, cel mult două ; să se măsoare, dacă se consideră necesar, temperatura atmosferică şi să se supravegheze ieşirile din limite ale parametrilor telemăsuraţi. Pentru a descrie situaţia cea mai complexă se va discuta cazul unui post măsurat nepermanent.

Presiunea şi debitul se măsoară cu aparate primare obişnuite, adică cu manometre şi debitmetre, sau mano-

metre diferenţiale, prevăzute cu traductori electrici, asemănătoare acelor descrise la extracţie. Aşa cum s-a arătat la început, majoritatea traductorilor folosiţi în sistemele deschise sînt analogici. De aceea nu se discută aici decît traductorii analogici.

Cum în cazul conductelor de gaz metan este vorba de transmisiuni pe distanţe mari şi cum, în orice caz, pe un circuit fizic se transmit mai mulţi parametri simultan, este necesar ca mărimea electrică obţinută la ieşirea traductorului să fie transformată într-un semnal ce poate modula o undă purtătoare.

La transmiterea simultană pe circuit fizic a mai multor parametri, este uzual să se folosească pentru fiecare parametru cîte un canal de frecvenţă. Lărgimea acestui canal denumit canal tehnologic, este de 120...240 Hz. Canalul tehnologic este modulat cu un semnal electric proporţional cu tensiune continuă primită de la traductorul aparatului primar.

Acest semnal poate fi o frecvenţă variabilă, o serie de impulsuri de lăţime sau frecvenţă variabilă, etc. Aparatul care transformă tensiunea continuă într-un asemenea semnal se numeşte emiţător de telemăsură. Acest emiţător de telemăsură modulează apoi un canal tehnologic, care este transmis la dispecer.

La postul de dispecer există un receptor de telemăsură, care primeşte semnalul de telemăsură de la receptorul canalului tehnologic şi îl transformă din nou într-o tensiune continuă ce apare pe unul dintre aparatele indicatoare ale panoului.

Telecomenzile se dau trimiţînd un semnal de la dispecer la postul controlat. În acest scop, la dispecer există emiţători de telecomandă, iar la postul controlat receptori de telecomandă. În final semnalul de telecomandă acţionează un releu care comandă executarea operaţiei. În cazul unui post controlat la alegere, operaţia de alegere pregăteşte telecomanda iar execuţia ei este determinată apoi de un semnal de cod, frecvenţă, etc. Rezultă deci că la un post local se utilizează :

aparate primare prevăzute cu traductori electrici pentru măsurarea parametrilor tehnologici controlaţi ;

emiţători de telemăsură ;

echipament de canale tehnologice (recepţie pentru telecomandă şi emisie pentru telemăsură) ;

echipament de relee pentru recepţia telecomenzilor ;

organe de execuţie ale telecomenzilor (vane cu servomotor sau electropneumatice comandate cu ventil cu electromagnet, etc.) ;

echipament de semnalizare a depăşirii valorilor impuse parametrilor tehnologici ;

aparatajul de recepţionare al semnalului de selecţie şi de confirmare a alegerii ;

aparataj telefonic sau radio emisie-recepţie pentru menţinerea legăturii cu echipele de întreţinere ;

aparataj telefonic pentru convorbiri cu dispecerul sau alte posturi locale.

Aparatajul unui post local este indicat schematic în fig. 5 *a*. Toate posturile de control local au alimentare cu energie electrică de curent alternativ. Puterea necesară este de ordinul a 5 kW. În cazul unui post de ramificaţie, între acesta şi dispecer se transmit în jur de 6 semnale, şi anume : un apel, două telemăsuri, o confirmare şi două telecomenzi (fig. 5 *b*. Se consideră aici controlul telecomenzii făcut prin telemăsură.

Automatizarea staţiilor de compresore. Staţiile de compresoare de gaz metan sînt instalaţii complexe. Se vor da cîteva noţiuni sumare, care sînt necesare pentru a înţelege problemele care se pun la automatizarea unei asemenea staţii.

Compresorul propriu-zis poate fi de două tipuri : compresor cu piston şi compresor centrifugal.

Compresoarele pot fi antrenate prin motoare foarte diferite : se pot folosi în acest scop turbine cu abur, motoare electrice, turbine cu gaz şi în sfîrşit motoare cu gaz, cuplate cu un multiplicator de turaţie pentru cazul cînd trebuie acţionat un compresor centrifug.

Soluţia este de discutat de la caz la caz.

Instalaţiile auxiliare ca : răcirea cu apă, răcirea cu ulei, filtrarea gazului de combustie etc, sînt de o mare importanţă pentru funcţionarea staţiilor de compresoare.

Pentru a înţelege care sînt problemele legate de automatizarea unei staţii de compresoare, vom descrie sumar circuitele unei staţii de compresoare antrenată cu motoare cu gaz.

C i r c u i t e l e d e g a z. Circuitul principal, constă din conducta de aspiraţie şi de refulare cu barele de distribuţie, respectiv de colectare a gazului de la motocompresoare.

La intrarea în staţie gazul este curăţat în separatori montaţi în paralel. Dacă este necesar, pe circuitul principal de gaz se montează o instalaţie de răcire a gazului după comprimare. — Circuitele auxiliare cuprind :

circuitul de alimentare cu gaz a motoarelor compresoarelor ;

circuitul de alimentare cu gaz a motoarelor de la centrala electrică, inclusiv de alimentare a staţiei de încălzire centrală ;

circuitul de refulare, primeşte gazul refulat de supapele motocompresoarelor şi îl duce la un cămin de evacuare.

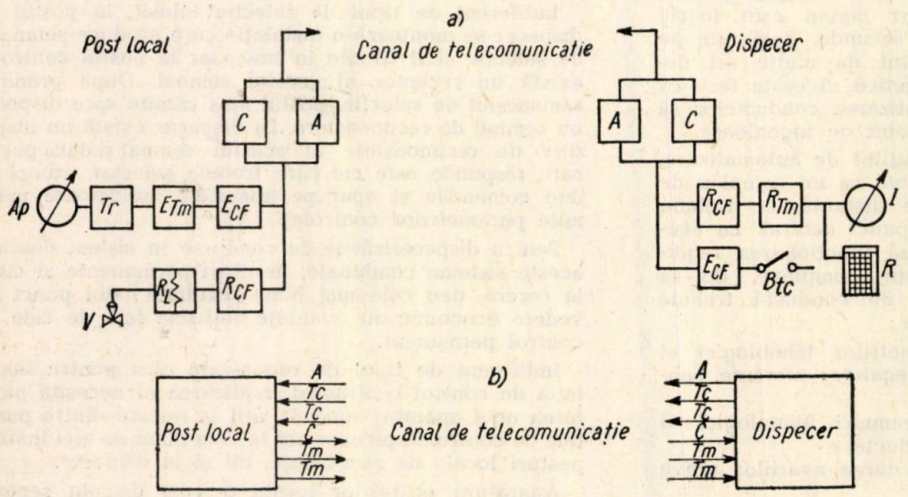


Fig. 5. Aparatajul unui post de ramificaţie (*a*) şi semnalele transmise (*b*) :
Tr — traductor electric ; *ETm* — emiţător de telemăsură ; E_{CF} — emiţător cu canale de frecvenţă ; R_{CF} — receptor cu canale de frecvenţă ; *Rl* — releu ; *RTm* — receptor de telemăsură ; *A* — instalaţie de apel recepţie şi emisie ; *C* — dispozitiv de confirmarea alegerii postului ; *I* — aparat indicator ; *R* — aparat înregistrator ; B_{tc} — buton de telecomandă ; *Ap* — aparat primar ; *V* — vană telecomandată ; *A* — semnal de apel ; *Tm* — semnal de telemăsură *Tc* — semnal de telecomandă ; *C* — semnal de confirmare a selecţiei.

Tot în circuitul de refulare debuşează două conducte mari care refulează în caz de necesitate colectorul de aspiraţie şi cel de refulare.

Circuitele electrice. Nevoile esenţiale ale staţiei în energie sînt satisfăcute de cele mai multe ori chiar prin gaz metan. Energia electrică este necesară numai pentru iluminat, pentru acţionarea compresoarelor de aer comprimat, a pompelor de apă, a pompelor de ulei, pentru automatizare etc. O pană de energie electrică opreşte în orice caz staţia, chiar dacă motivul ar fi numai încetarea circulaţiei apei de răcire. La toate staţiile de compresoare, pe lîngă branşamentul la o reţea energetică, se prevede şi o centrală electrică ce funcţionează cu motoare cu gaz. În staţie există de obicei o reţea de c.a. trifazat 380/220 V, ce serveşte la alimentarea motoarelor şi una de 110 V pentru telecomenzi şi aparataj de control.

Circuitul de aer comprimat. Lansarea motoarelor se face cu aer comprimat; deseori aerul comprimat este folosit ca fluid de comandă şi control şi ca agent motor pentru mişcarea uleiului. Lansarea motoarelor, comanda şi controlul, precum şi mişcarea uleiului, se face cu presiuni diferite ale aerului comprimat, deci, pe trei circuite separate de aer.

Circuite de ulei. Circuitele de ulei sînt foarte importante pentru funcţionarea normală a staţiei. Cel mai important circuit de ulei este cel de umplere şi de circulaţie al motocompresoarelor. Apoi, cel de umplere şi circulaţie al motoarelor alternatoarelor, uleiul de umplere al grătarelor de curăţare, uleiul filtrelor aerului de alimentare al motoarelor, uleiul de ungere al numeroaselor maşini şi agregate etc.

Circuitele de apă — răcire şi încălzire. Apa de încălzire :

încălzeşte staţia în general ;

încălzeşte (dacă este cazul) gazul după detentă pentru a evita formarea hidraţilor ;

împiedică răcirea excesivă a motocompresoarelor în caz de oprire pe timp rece.

Apa de răcire :

răceşte cilindri motocompresori propriu-zişi ;

răceşte uleiul de răcire ;

răceşte celelalte agregate ale staţiei.

Din sumara descriere a circuitelor principale ale staţiei de compresoare rezultă că automatizarea completă a funcţionării sale, pune multe şi felurite probleme.

Pornirea staţiei se face în gol, motorul funcţionînd la început ca un motor cu aer comprimat. Înainte de pornirea motorului, se pornesc circuitele de răcire, de ungere, etc. După ce se încălzesc cilindrii, motorul poate să preia sarcina. Această preluare se face în trei etape.

Schema legării compresorului la conducta magistrală de gaz se dă în fig. 6. La pornire robinetele *1* şi *3* sînt închise, iar robinetul *2* este deschis.

Etapa *1* : se închide robinetul *2*. Cînd toate robinetele sînt închise, compresorul nu refulează gazul, însă la refulare (sectorul 2—3) se creează o presiune mică de ordinul sutelor de milimetri coloană de apă .Sarcina compresorului este neglijabilă în această fază.

Etapa *2* : se deschide robinetul *3*, iar robinetele *1* şi *2* rămîn închise. Compresorul continuă să nu debiteze gaz, deoarece la aspiraţie (dinspre partea robinetului închis *1*) este aproape vid complet.

Etapa *3* : se deschide robinetul *1*. Compresorul începe să debiteze normal.

Importanţa pe care staţiile de compresoare o au pentru buna funcţionare a conductei, face ca să se acorde o mare importanţă cunoaşterii şi controlării regimului lor de funcţionare. Automatizarea staţiilor de compresoare a trecut prin mai multe etape.

Prima etapă a fost aceea a unei semiautomatizări locale. În faza aceasta, unele din operaţiile pornirii se fac încă manual ; automat se comandă acţionarea vanelor de aspiraţie şi de refulare a fiecărui compresor, vana de alimentare şi apoi punere sub sarcină a staţiei. Se transmit la un panou central diverşi parametri tehnologici ai funcţionării, se pornesc automat motoarele pompelor de apă de răcire, de ulei, de ungere etc., se semnalizează temperatura şi presiunea uleiului de răcire.

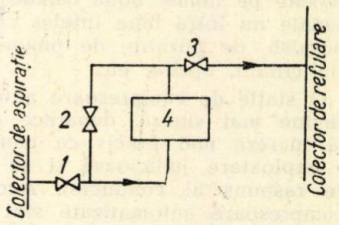


Fig. 6. Schema de legare a compresorului : *1,2,3* – robinete ; *4* — staţia de compresoare.

A doua etapă realizează automatizarea completă locală a staţiei. Funcţionarea staţiei este comandată de un dispecer plasat la staţie. Pornirea poate fi făcută prin comandă individuală a fiecărei manevre, sau prin apăsarea pe un buton de comandă care determină executarea tuturor manevrelor într-o succesiune anumită. Bine înţeles că şi aici se transmit pe panoul de control al staţiei valorile parametrilor tehnologici, precum şi semnalizări ale funcţionării agregatelor, ale presiunii şi temperaturii uleiului de răcire, ale debitului de apă, etc.

Ultima etapă în automatizarea staţiilor este pornirea automată de la distanţă, prin apăsarea pe un singur buton. Staţia este nedeservită. Postul de comandă este situat la o altă staţie de compresoare, sau la dispecerul general al conductei. Distanţa între postul de comandă şi postul comandat, poate fi peste 100 km. În acest caz se foloseşte aşa numita pornire cu secvenţe. Aceasta constă în gruparea operaţiilor necesare pornirii în două etape : pregătirea pornirii şi pornirea propriu-zisă. Pregătirea pornirii cuprinde operaţiile ce se fac în circuitele auxiliare, cum ar fi cel de aer comprimat, de ulei, de apă, şi în circuitul electric.

Comanda de pregătire a pornirii se poate da numai dacă pe panoul dispecerului se semnalizează că staţia este oprită. Dispozitivul de comandă a pregătirii conţine secvenţe compuse din distribuitori cu relee care acţionează atît la dispecer, cît şi la staţia de comandat. Numai după ce o comandă este executată se poate transmite comanda următoare. După ce pregătirea pornirii este terminată, lampa de repaus se stinge şi se porneşte alt ciclu de comenzi. Cînd motorul ajunge la o rotaţie de 50...75 rot/min. începe un ciclu de comenzi care determină încălzirea şi pregătirea pentru punerea sub sarcină. Punerii sub sarcină îi este afectat un grup de distribuitori separat. Înainte de acţionarea lui pe panou apare o semnalizare care indică „pregătit de sarcină". Oprirea staţiei este la fel de complicată ca şi pornirea.

Controlul centralizat al unei staţii de compresoare nedeservite este deosebit de complex. El se face prin supraveghere permanentă. Staţia este echipată cu dispozitive de detectare a nivelului diverselor fluide, de control al presiunii lor, al temperaturii gazului, al temperaturii lagărelor, cu dispozitive de control al secvenţii operaţiilor comandate, etc. Oricare dintre fenomenele acestea poate comanda alarma, deconectarea, refularea sau blocarea staţiei. Staţia este prevăzută cu aparate speciale, care detectează supraîncărcarea compresoarelor, vibraţiile mai mari decît cele permise, depăşirea vitezei de regim, temperatura şi presiunea ridicată a gazului refulat, temperatura la ax şi la cilindri. Se mai poate detecta prezenţa gazelor explozive în incinta staţiei, intrarea ilegală a unui om pe uşă, etc.

În total se fac circa 90 semnalizări ciclice într-o perioadă de control ce ţine în jur de 18 secunde.

Pentru aceasta doi comutatori sincroni, unul la dispecer şi celălalt la staţia comandată, acţionează 90 de relee. Dacă starea releului respectiv corespunde unei situaţii normale, el emite un semnal pe o frecvenţă anumită f_1, dacă ea va corespunde unei avarii, releul va emite un semnal pe o frecvenţă f_2.

Folosind un aparataj adecvat se realizează astfel controlul permanent al staţiei de compresoare nedeservite pe numai două canale de frecvenţă. În aceste canale nu intră bine înţeles comenzile de pregătire a pornirii, de pornire, de punere sub sarcină, scoatere din circuit, oprire, etc.

O staţie de compresoare automatizată chiar şi local devine mai sigură, deoarece aparatele pot fi făcute să lucreze mai precis ca oamenii, se poate asigura o exploatare judicioasă şi se scurtează mult timpul de răspuns al conductei. Accidentele la staţiile de compresoare automatizate sînt mult mai puţin numeroase ca la cele acţionate manual. Din punct de vedere al costului, investiţia necesară automatizării reprezintă în jur de 5% din costul total al staţiei de compresoare.

Canale de telecomunicaţie. O problemă majoră în controlul centralizat o constituie transmiterea informaţiilor de la conductă la dispecer şi de la dispecer la conductă.

Pe o conductă complexă, alimentată de 2...3 cîmpuri de sonde, cu o staţie de compresoare pe parcurs şi alimentînd 5...6 oraşe, numărul de parametri ce trebuie transmişi dispecerului din diverse puncte şi numărul de comenzi pe care le transmite dispecerul, duce la un număr de semnale foarte mare. Există destule cazuri la care acest număr ajunge pînă la 100...150. Mulţi dintre aceşti parametri se transmit simultan. Separările în timp ale semnalelor, se folosesc pe cît posibil, dar aceasta nu simplifică nici întotdeauna şi nici deplin problema.

Aşa cum stau lucrurile, se pune problema transmiterii unui mare număr de informaţii pe o distanţă de sute de km. Transmiterea acestora se poate face prin circuite fizice sau prin radiorelee. Se vor analiza comparativ cele două sisteme.

Instalaţiile de dispecerizare care folosesc circuite fizice drept suport al canalelor de telecomunicaţie se mai construiesc şi astăzi, dar procentul pe care ele îl reprezintă din totalul dispecerizărilor de gaz metan, este din ce în ce mai mic. De-a lungul conductelor echipate cu acest tip de telecomunicaţii se vor trasa două circuite fizice :

un circuit de cupru, pentru transmisiile la mare distanţă ;

un circuit de cupru sau oţel, pentru legătura cu echipele de întreţinere, veghetorii şi pentru eventuale convorbiri între centrele apropiate.

Controlul centralizat propriu-zis foloseşte bine înţeles circuitul de mare distanţă ; acesta trebuie prevăzut cu intrare-ieşire, sau în cel mai rău caz derivaţie, la fiecare dintre punctele ce se controlează de la distanţă. În mod obişnuit, telemăsurile şi telecomenzile se transmit pe canale tehnologice de frecvenţă. Lăţimea acestora este de cele mai multe ori cuprinsă între 120...240 Hz. Lăţimea aceasta este impusă de caracteristicele semnalului de transmis şi de calitatea filtrelor. Datorită numărului mare de parametri şi a intervalelor de frecvenţă ce trebuie lăsate între emisii datorită calităţii filtrelor, se ajunge la frecvenţe relativ mari, de ordinul a 100 kHz. În asemenea cazuri filtrele devin o problemă şi pot hotărî asupra soluţiei.

În ultima vreme telecomenzile, telesemnalizările şi apelurile, se transmit în cod folosind pentru toate semnalele necesare unui punct, o singură frecvenţă purtătoare, cel mult două. O aplicaţie de acest fel s-a descris la automatizarea staţiilor de compresoare. Se obţine prin aceasta o economie a spectrului de frecvenţă, pierzînd în schimb din simplitatea schemelor.

Transmisiile prin circuit fizic au următoarele avantaje :

se folosesc instalaţii cunoscute ;

se urmăreşte mai îndeaproape traseul conductei.

Dispecerizările ce folosesc radiorelee sînt din ce în ce mai numeroase în toată lumea. În U.R.S.S. conductele noi se echipează cu telecomunicaţii prin radiorelee. În S.U.A. numai în cazuri speciale se mai construiesc circuite fizice în aceste scopuri. La noi în ţară problema va trebui studiată ţinînd seama de relief şi de alte condiţii specifice ca : uşurinţa de procurare a aparaturii, posibilităţi de alimentare cu energie electrică, etc.

La comunicaţiile pe radiorelee, frecvenţele de transmis variază între sute şi mii de MHz. Traseul staţiilor de microunde nu se depărtează niciodată mai mult de 20 de km. de conductă şi linia trece prin toate punctele mai importante şi prin toate staţiile de compresoare. Numărul de canale ce se poate transmite folosind un echipament de radiorelee este foarte mare. În ţările unde dispecerizarea conductelor de gaz se face prin radiorelee, se foloseşte o reţea proprie conductei. Comparativ cu comunicaţiile pe fire, comunicaţiile pe microunde au multe avantaje. Dintre acestea remarcăm :

în ţările producătoare de aparatură, o investiţie iniţială mai mică ;

consum mic de cupru ;

siguranţă mult mai mare a telecomunicaţiilor, mai ales în regiunile cu climă mai aspră ;

consum de putere al instalaţiilor, foarte mic.

Indiferent de tipul de telecomunicaţie ales, pe acelaşi suport cu informaţiile necesare automatizării se transmit şi convorbirile telefonice la distanţă.

Aparataj plasat la postul de dispecer. În acest punct se instalează aparatajul de recepţie al informaţiilor primite de pe conductă şi cel de emisie al celor ce pleacă spre conductă, echipamentul telefonic pentru convorbire cu punctele de pe traseu, echipament de legătură cu echipe de întreţinere, etc.

Dispecerizările care folosesc traductori analogici la emisie şi aparate indicatoare şi înregistratoare la recepţie sînt în general prevăzute cu un panou sau cu o schemă sinoptică a instalaţiei, precum şi un pupitru de la care se dau comenzile sau se „cer" posturile controlate la cerere. Semnalizările apar fie la locul respectiv pe panoul sinoptic, fie pe pupitrul dispecerului. Alarmele grave sînt prevăzute şi cu semnale acustice. Dacă dispecerizarea este prevăzută cu un control nepermanent, atunci există un dispozitiv de apel şi de confirmare, sau un dispozitiv de baleiere ciclică şi de recunoaştere a postului. Comanda staţiilor de compresoare impune prezenţa unor scheme de comandă şi, în cazul staţiilor comandate „la buton", a unor distribuitori cu relee ce comandă secvenţele.

Dispecerul ţine legătura cu echipele de întreţinere fie direct, fie prin intermediul posturilor de control de pe conductă. Această legătură se face fie prin telefon, pe circuitul de lucru, în cazul liniei echipate cu circuite fizice, fie prin posturi de radio emisie-recepţie în cazul liniei echipate cu radiorelee.

Concluzii la controlul centralizat. În concluzie la controlul centralizat al conductelor de gaz metan trebuie reamintit că toate conductele noi sînt echipate cu instalaţii de automatizare de tipul celor descrise, sau asemănătoare.

Din ce în ce mai mult apar instalaţii de automatizare în circuit închis. În cazul conductelor complexe, acestea sînt neapărat necesare. Vom reveni mai departe asupra urmărilor ce rezultă de aici pentru industria de gaz din R.P.R.

Reglajul automat al unor parametri tehnologici ai conductelor şi ai agregatelor conductei

Acest reglaj automat cuprinde :

reglajul automat al regimului de lucru al staţiei de compresoare pentru obţinerea unei presiuni de refulare date ; acest reglaj poate fi făcut în feluri diferite funcţie de tipul de compresor ales. Se urmăreşte

în general o reglare fără pierdere de energie, adică se evită un reglaj prin laminarea gazului la ieşirea din staţia de compresoare ;

reglaj programat al presiunii sau debitului funcţie de un grafic orar. Se poate regla presiunea sau debitul unui cîmp de sonde, unor staţii de compresoare sau unor consumatori ; acest reglaj program se realizează fie cu regulatori simpli, fie cu regulator program de tipul electronopneumatic sau electropneumatic. La aceştia, sistemul de detecţie, amplificarea şi o parte din reacţie şi comandă se face electric. Execuţia este aproape exclusiv pneumatică. Există bine înţeles în funcţiune şi instalaţii la care elementul de execuţie este o vană cu servomotor, dar acestea sînt mai rare decît primele ;

reglajul cantităţii de odorizant funcţie de cantitatea de gaz metan ce trece prin staţia de odorizare. Reglarea cantităţii de odorizant se face pe principiul unei reglări de debit cu elemente asemănătoare ca cele folosite la reglajul programat.

În general, regulatorii folosiţi pe conductele de gaz metan nu diferă de cei folosiţi în reglajul termotehnic.

Măsuri de siguranţă pentru evitarea avariilor grave şi detectarea scăpărilor mici

Măsurile de siguranţă ce se iau pe o conductă de gaz metan sînt :

măsuri menite să prevină accidentele ;

măsuri menite să limiteze accidentele ;

detectarea scăpărilor mici.

Din prima categorie fac parte refulatorii montaţi la casele de reglare şi la staţiile de compresoare. Acestea sînt dispozitive mecanice obişnuite, intrate de foarte mulţi ani în practica exploatării conductelor. Tot din această categorie fac parte şi semnalizările discutate în cadrul controlului centralizat.

Din categoria a doua fac parte dispozitivele care izolează automat un tronson de conductă avariată. Aceste dispozitive se montează pe conductă în genere din 10 în 10 km. Acestea detectează o curgere inversă sau o creştere anormală a vitezei. Dispozitivul de secţionare este compus dintr-o vană comandată de un servomotor pneumatic a cărui alimentare la rîndul său este comandată de un mic ventil. Atît timp cît curgerea are valoarea sau sensul dorit, vana de alimentare a servomotorului pneumatic rămîne închisă. Cînd apare o spargere, se deschide vana cea mică şi aerul de comandă acţionează ansamblul motor pneumatic-transmisie mecanică cu roţi dinţate care închide vana principală. Curgerea gazului spre motorul pneumatic acţionează sistemul de alarmă. Sistemul de alarmă trimite în linie un semnal de frecvenţa *f*. La recepţionarea alarmei dispecerul interoghează în cod pe frecvenţa *f'* toate vanele conductei. Vana sau vanele acţionate emit încă o dată semnalul de alarmă iniţial, şi aşa se localizează defectul. Cum energia electrică nu este uşor acesibilă în lungul conductei, dispozitivul de secţionare se alimentează de la baterii şi schemele care se folosesc se preferă cu un consum mic de energie electrică.

Pentru izolarea unui sector grav avariat se folosesc şi dispozitive la care vana pilot montată pe conducta de alimentare cu aer de comandă a vanei principale este comandată de la dispecer. Astfel de instalaţii se folosesc mai puţin şi chiar cele instalate, tind să fie înlocuite cu instalaţii de primul tip. Este de la sine înţeles că aceste dispozitive de secţionare se reglează pentru anumite limite de acţionare astfel alese încît să se evite închiderile intempestive. Aceasta atrage după sine faptul că nu toată gama scăpărilor detectabile este acoperită de vanele de siguranţă. Cele mici sînt detectate numai de veghetori care parcurg traseul conductei.

În ce priveşte detectarea săpărilor mici, metoda greoaie şi complicată a înfigerii unui drug lîngă conductă şi apoi a încercării cu chibritul, care ocupa mulţi oameni şi ducea la o medie zilnică de conductă parcursă foarte mică, a fost înlocuită cu metode moderne cu o eficacitate mult mai mare. Dintre aceste metode amintim :

Detectarea scăpărilor cu analizor de amestec de gaze, aer—CH_4. În acest scop se realizează detectori sub forma unor roabe uşoare. Forma aceasta este impusă de distanţa mică care trebuie lăsată între sol şi detector pentru asigurarea sensibilităţii dorite.

Detectarea acustică a scăpărilor foloseşte un aparat asemănător stetoscopului acustic modificat pentru o redare fidelă a unei benzi mai largi de frecvenţă.

Aparatul se compune în esenţă dintr-un stetoscop de tipul amintit, un amplificator şi baterii de alimentare. Aparatul este foarte uşor, comod de purtat şi din ce în ce mai răspîndit.

Acolo unde condiţiile o permit, detectarea scăpărilor se face prin montarea aparatului pe un mic automobil sau motocicletă. Acest lucru creşte comoditatea, dar condiţiile obiective ale terenului şi vitezei de deplasare, scad sensibilitatea procedeului.

Un domeniu deosebit de important în protejarea conductelor de gaz metan este protecţia catodică împotriva coroziunii. Deocamdată, automatizările la instalaţiile de protecţie catodică sînt rare şi constau mai mult în semnalizări ale întreruperii tensiunii de alimentare. Problema esenţială a protecţiei catodice o constituie asigurarea unei alimentări cu energie electrică în lungul conductei.

Întreţinerea conductei şi a agregatelor sale

O dispecerizare bine organizată asigură rapiditatea şi eficienţa intervenţiilor echipelor de întreţinere. Aceste echipe trebuie să poată ţine legătura cu dispecerul. În mod obişnuit, aceste echipe circulă cu automobile mici de tip Jeep, echipate cu posturi de radio emisie-recepţie sau telefoane portative. Aparatura de automatizare impune ca între echipele de întreţinere să se prevadă şi electricieni care să poată face revizia perioadică a aparatajului de automatizare şi eventualele operaţii de întreţinere. Uşurinţa de întreţinere, rapiditatea de înlocuire a unor piese, necesitatea reglărilor la înlocuire, sînt argumente care hotărăsc în alegerea soluţiilor problemelor de automatizare. Din ce în ce se răspîndeşte aparatajul montat în blocuri cu conexiuni uşor de făcut de la unul la celălalt, cu folosirea elementelor robuste şi cu consum mic de energie electrică.

DISPECERIZAREA DISTRIBUŢIEI DE GAZ METAN

În lumina celor spuse mai sus, rezultă necesitatea cunoaşterii şi controlării parametrilor distribuţiei. Pentru aceasta sînt necesare măsurări de presiune şi debit la punctele de intrare în oraş a gazului, la casele de reglare raionale şi în punctele cunoscute drept critice, adică acolo unde apar scăderi de presiune neadmisibile la eventuale scăderi ale presiunii de regim pe inelele de presiune.

Ţinînd seama de particularităţile exploatării reţelelor orăşeneşti de gaze, de dinamica regimului lor de lucru şi de practica instalaţiilor de automatizare existente, s-au impus următoarele trăsături esenţiale ale unei instalaţii de dispecerizare :

a) măsurarea mărimilor neelectrice se face cu manometre şi debitmetre prevăzute cu traductori electrici ;

b) organele de execuţie ale telecomenzilor sînt vane cu servomotor ;

c) distanţa de acţiune a sistemelor de telemăsură şi telecomandă trebuie să fie de ordinul a 30 km ;

d) drept canal de comunicaţie între punctul de dispecer şi punctul de control se foloseşte un circuit telefonic ;

e) în limita posibilităţii se va urmări ca telemăsurile, telereglările şi legătura telefonică să poată funcţiona simultan ;

f) semnalizarea de avarie trebuie să poată fi transmisă permanent ;

g) ruperea liniei de telecomunicaţie să se poată detecta la punctul de dispecer ;

h) sistemul trebuie să admită dezvoltări ;

i) regulatorii de presiune de la punctele raionale de reglare a gazului trebuie să aibă un telecorector pentru modificarea valorii presiunii de ieşire ;

j) postul de dispecer trebuie să fie prevăzut cu echipe mobile pentru detectarea scăpărilor de gaz metan.

Problemele de dispecerizare care se pun la distribuţia gazului metan prezintă multe asemănări cu cele ale cîmpurilor de extracţie. Se pun probleme de control centralizat de mică şi medie distanţă.

O metodă interesantă de tratare a acestei probleme este aceea a folosirii reţelei telefonice a oraşului în scopuri de dispecerizare. În acest caz, fiecărui punct de controlat îi vor fi afectate două fire care vor trebui folosite în aşa fel încît pe ele să se transmită apelul, telemăsurile şi telecomenzile. Telemăsurile se pot transmite în frecvenţă audio modulată sau în modulaţie de durată a impulsurilor. Folosirea centralei telefonice a oraşului pentru alegere simplifică problema apelului.

Instalaţiile de dispecerizare a distribuţiei s-au dezvoltat mai tîrziu, dar într-un ritm mai rapid, folosind experienţa acumulată în celelalte domenii ale dispecerizării exploatării gazului metan.

Trebuie semnalaţi telecorectorii de presiune, care urmăresc menţinerea presiunii constante la consumator, cînd debitul, deci căderea de presiune între regulator şi consumator, variază. Pentru aceasta, la regulatorul de presiune, pe lîngă comanda de presiune pe care o are orice regulator de presiune, se prevede şi o comandă suplimentară de debit, care acţionează asupra valorii impuse presiunii de ieşire, modificînd-o în sensul dorit. Această comandă se poate da de la distanţă prin punerea în funcţiune a unui mic motor ce comandă un dispozitiv mecanic menit să deplaseze acul de comandă al regulatorului.

PRIVIRE GENERALĂ ASUPRA APARATAJULUI FOLOSIT

Nu s-au descris nicăieri schemele folosite la automatizare, dîndu-se mai mult o imagine în mare a problemei.

Este de remarcat că în toate ţările, realizarea unor asemenea instalaţii pe o scară naţională largă este legată de existenţa unei aparaturi adecvate. În toate instalaţiile de automatizare descrise se folosesc următoarele tipuri de aparate :

a) aparate primare (manometre şi debitmetre) cu traductori electrici analogici ;

b) emiţători de telemăsură ce transformă mărimea electrică primită de la traductorul analogic într-o mărime capabilă a fi transmisă direct la 30 km pe circuit fizic sau de a modula un canal tehnologic de frecvenţă ;

c) canale de frecvenţă cu lăţime 120—240 Hz ;

d) codificatori şi decodificatori pentru transmiterea apelului, semnalelor de recunoaştere, telesemnalizărilor şi telecomenzilor ;

e) organe de execuţie capabile de acţiune la un semnal electric. Aceste organe de execuţie trebuie să rămînă pe poziţia comandată fără acţiunea permanentă a semnalului de comandă ;

f) aparate indicatoare şi înregistratoare, cele din urmă cu înregistrări multiple ;

g) relee şi piese mărunte, ca : becuri, butoane, sonerii etc.

Aparatajul de telecomunicaţie, format din canale de frecvenţă şi instalaţii de curenţi purtători sau releele, este necesar dispecerizărilor de conducte de gaz metan ; de asemenea, cu toate că sînt neapărat necesare, canalele de frecvenţă nu au o pondere mare nici ca preţ şi nici ca număr. Primele două şi ultimele patru tipuri de aparate sînt întîlnite însă în toate instalaţiile de automatizare a extracţiei, transportului şi distribuţiei gazului metan, indiferent de tipul de organizare al dispecingului şi de complexitatea instalaţiei.

În general, aparatajul folosit în automatizarea transportului de gaz metan este de fabricaţie curentă şi nu pune probleme majore de realizare. La noi în ţară nu se fabrică în serie nici unul dintre tipurile de aparate enumerate, cu excepţia unor elemente din categoriile g, f. În institutul de cercetări electrotehnice s-a elaborat o serie completă de aparate de telemăsură de mică şi mare distanţă pentru sectorul energetic, care ar putea fi adaptată controlului centralizat pe conducte de gaz metan. În acelaşi timp, se lucrează la aparatură de telemăsură special afectată acestor scopuri — telemăsura parametrilor lent variabili.

CONSIDERENTE ECONOMICE ŞI CONCLUZII

Pentru oricine este limpede că prin rapiditate, precizie, economie de mînă de lucru, creşterea productivităţii şi în final, reducerea preţului de cost pe care le asigură, controlul automat are o mare importanţă în orice industrie.

În general, instalaţiile automatizate reprezintă în jur de 2% din costul total al instalaţiilor de extracţie, transport şi distribuţie de gaz metan. În aceste două procente sînt cuprinse instalaţiile de automatizare, excluzînd canalele de telecomunicaţie — circuit fizic sau radiorelee — cu care conducta de gaz se echipează în orice caz, indiferent dacă este automatizată sau nu. Pentru aceste două procente, un calcul de economicitate este greu de făcut prealabil. Pe de altă parte, un asemenea calcul nu este nici convingător şi nici util ; pentru aprecierea utilităţii unei instalaţii de automatizare, trebuie adoptat un punct de vedere de ansamblu, în care trebuie ţinut seama de creşterea siguranţei instalaţiei, de posibilităţile de exploatare corectă, de scăderea uzurii şi de multe altele.

Alt aspect al problemei apare şi din cercetarea influenţei, pe care o poate avea asupra producţiei unei industrii alimentate cu gaz metan, un regim insuficient controlat al presiunii gazului de alimentare. Pierderile care rezultă de aici sînt greu de apreciat direct, dar au importanţă în economia naţională. Printr-un control automat, asemenea deficienţe se înlătură. Pe de altă parte, reducerea de personal care urmează automatizării şi creşterea producţiei, duc la o creştere sensibilă a productivităţii muncii prin creşterea raportului producţie/om.

Atingerea regimului optim de funcţionare la fiecare conjunctură tehnologică în parte — adică la orice repartiţie de debite şi presiuni cerute de consumator — se poate face cu atît mai bine cu cît dispecerul este mai corect şi mai repede informat şi cu cît poate acţiona mai repede asupra parametrilor conductei.

Statistic, s-a constatat că pentru asigurarea unei dispecerizări bune, este nevoie de un flux de informaţii de 250 biţi/oră. Un dispecer ce primeşte aceste date la telefon, are nevoie pentru prelucrarea lor de 40 minute. Deci, timpul pentru a alege regimul optim de funcţionare, timpul de a gîndi, pe care nu îl pot prelua aparatele, rămîne foarte mic.

Un sistem de control centralizat implică un consum de 20 minute pentru prelucrarea aceluiaşi flux de informaţii. Situaţia este aici mai bună. Un control combinat — permanent şi la cerere — necesită un timp încă şi mai mic de prelucrare a aceloraşi date.

Rezultă că datorită controlului centralizat, timpul în care dispecerul poate lua hotărîri este mai mare şi regimul optim are mai multe şanse de a fi atins. Pentru cazurile mai complexe, atribuţiile dispecerului le preia o maşină de calcul.

Examinarea experienţei ţărilor ce au realizat asemenea instalaţii arată că automatizarea deschide posibilităţi mari pentru transportarea gazului metan cu siguranţă sporită, cu preţ de transport mai mic şi că amortizarea instalaţiilor de automatizare se face în mai puţin de doi ani.

Automatizarea staţiilor de compresoare face să crească mult rentabilitatea şi flexibilitatea regimului de exploatare al conductei. Pe de altă parte, staţiile de compresoare devin mai sigure.

În acest scop, trebuie trecut la realizarea în cel mai scurt timp a unei producţii de aparatură nece-

sară acestor instalaţii. Este greu de presupus că se poate ajunge la rezultate pozitive, la o automatizare extinsă, fără o producţie în ţară de elemente uzuale ce intră în automatizarea tuturor instalaţiilor, de la cele mai simple pînă la cele mai complete.

BIBLIOGRAFIE

[1] GUMMERT, F. : *Le gaz en Europe*. Revue générale du gaz, (1958 11–12.
[2] BOLZINGER, A. : *La production et le transport du gaz en France*. Revue générale du gaz. (1958) 7–8
[3] HUNSAKE R, B. : *El Paso's Panoma gas compressor station*. Oil and gas journal, 56 (1958) 9, martie.
[4] PECKHAM, W. J. : *Pipeline telemetring*. Instruments and automation. iulie 1955.
[5] RUFLETH W. E. : *Instrumentation of a natural gas pipe line*. Instruments and automation, august 1955
[6] EMADIN, L. A. : *Sistem cu impulsuri codificate, folosit pentru telemăsură în industria gazelor*. Gazovaia promîslenosti, (1958) 7, iulie.
[7] BAIASANOV, D. B. : *Telereglarea presiunii în reţelele urbane de gaze*. Gazovaia promîslenosti, (1957) 6, iunie.
[8] BORONIHIN, A. S. : *Telemăsurarea şi telereglarea punctelor de distribuţie a gazelor*. Gazovaia promîslenosti, (1956) 11, noiembrie.
[9] SPRINGER, F, M. : *How dispatchers can help cut operating cost*. Oil and gas journal, (1958) 7 aprilie.
[10] FRANK. H. L. : *Large reciprocating compresors are operated remotely*. The petroleum engineer, (1958) mai.
[11] LAFFERTY, B. H. : *Functions of the gas dispatching departement*. The petroleum engineer, (1958) noembrie.
[12] WILSON, S. H. : *New master control system for pipelines*. The petroleum engineer, (1958) mai.
[13] BARNARD, A. G. : *Automatic control system for gas transmission pipelines*. The petroleum engineer, (1958) mai.
[14] PRECHEUR, H. V. : — *Computing telemetring systems in gas distribution network*. Compliments of the Bristol Company).
[15] DUNBAR, I. B. şi RUFLETH, W. : *System wide telemetering aids Algonquin gas operations*. Compliments of the Bristol Company.
[16] FRENKE, V. A. : *K voprosu o primenenii ceastotnoi teleizmeritelnoi sistemi dlia kontrolia davlenia i temperaturi gaza v maghistralno gazoprovode*. Consfătuire tehnico-ştiinţifică asupra problemelor de construire şi folosire a aparaturii de telemecanică şi a canalelor de comunicaţie pentru telemecanică, Leningrad 1958.
[17] TUPCII, G. A. : *Principi primenenia ustroistv telemehaniki na maghistralnih gazoprovodah*. Consfătuire tehnico-ştiinţifică asupra problemelor de folosire şi construire a aparaturii de telemecanică şi a canalelor de comunicare pentru telemecanică, Leningrad 1958.
[18] KORNILOV. I. G. : *Telemehanizatia gorodskih gazovih setei* Consfătuire tehnico-ştiinţifică asupra problemelor de folosire şi construire a aparaturii de telemecanică şi a canalelor de comunicare pentru telemecanică, Leningrad 1958.
[19] SMIRNOV, S. A. : *Transportul şi înmagazinarea gazelor*. Editura Tehnică 1953.
[20] KUBLANOVSCHI, B. L. : *Automatizatia i telemehanizatia dobîci nefti*. Gosudarstvenoe naucino-tehnicescoe izdatsltevo neftianoi i gorno-toplivnoi literaturî, Moscva 1958.
[21] *So call exprands radio facilities to link entire transmission system*. American gas journal (1952) august.
[22] *Microwaves communication*. Oil and gas journal. (1951) mai.
[23] KINNEY, G. T. (edited by) : *Advances in gas pipeline technology in 1957*. Oil and gas journal. 56 (1958) 10, martie.
[24] BREIBINGER, W. R. : *Engine – dricen centrifugal compresor units. for downstream station*. Oil and gas journal. 56 (1958) 10 martie.
[25] BOURDEL, J. : *L'essor de l'instrumentation dans la France du Sud-Ouest*. Mesures et contrôle industriel, (1958) iunie.

Tematica
consfătuirii tehnico-ştiinţifice asupra maşinilor de calcul
organizată de Academia R.P.R., Comisia de automatizare
17—21 noiembrie 1959

Ţinîndu-se seama de dezvoltarea pe care o are în ţara noastră domeniul maşinilor de calcul, s-a hotărît organizarea unei consfătuiri. Această dezvoltare se referă la maşinile numerice care sînt construite în cadrul Institutului de fizică atomică precum şi la maşinile de tip analogic care s-au construit la Institutul de energetică şi la Academia militară tehnică. În afară de aceasta în unele institute departamentele şi ale Academiei problema elementelor componente ale maşinilor de calcul este studiată de numeroase colective. Se consideră, ţinîndu-se seama şi de perspectivele întrebuinţării acestor maşini în automatizarea industrială că este indicat ca teoria, metodele constructive precum şi întrebuinţările acestor maşini să fie făcute cunoscute unui cerc mai larg de tehnicieni.

Consfătuirea va cuprinde trei secţii :
Secţia I : *Studii teoretice în legătură cu maşinile de calcul*
Secţia II : *Construirea maşinilor de calcul şi programarea problemelor*
Secţia III : *Aplicaţiile maşinilor de calcul în industrie şi cercetările ştiinţifice*

La această consfătuire au mai fost invitaţi să participe delegaţi din U.R.S.S. şi din ţările de democraţie populară. Aceşti delegaţi au fost solicitaţi să prezinte comunicări la această consfătuire, pe cît posibil din domeniul întrebuinţării în industrie a maşinilor de calcul.

MANDI SAPŞA *)

Instalaţie de reglare a temperaturii şi control al arderii la uscătoriile de porumb

CZ 621–533.6 :621.362.7 :633.15

De curînd, s-au construit în mai multe puncte din ţară uscătorii moderne pentru uscat sămînţa de porumb hibrid, dotate cu instalaţii moderne de reglare a temperaturii aerului de arzător, Aerul încălzit se amestecă şi cu aer rece şi intră în ventilator prin pîlnia *P*. În celulele unde este însilozat porumbul, aerul cald intră, dintr-un tunel (coridor), prin partea inferioară,

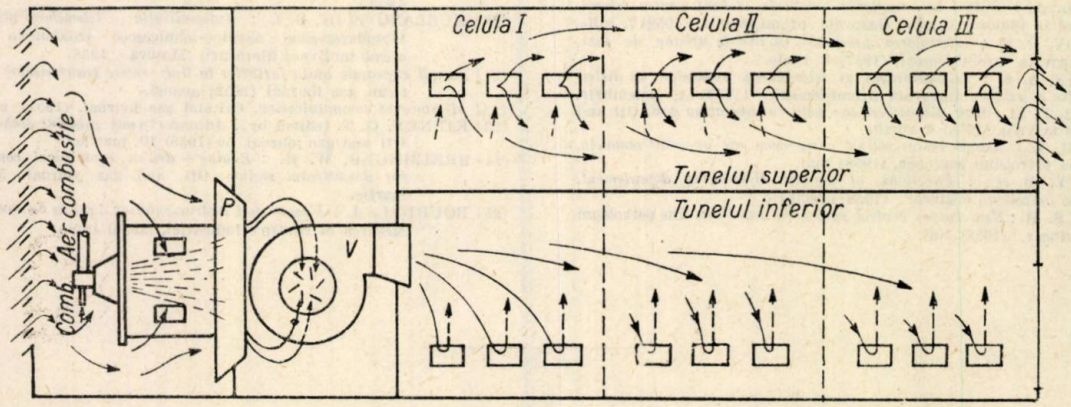


Fig. 1. Schiţa unei uscătorii de porumb.

uscare şi cu controlul automat al funcţionării arzătorului utilizat pentru încălzire.

Porumbul, pus în silozuri, este supus unui curent de aer cald (circa 45°C). (fig. 1) Fluxul de aer este realizat de un ventilator *V*, care aspiră aer de afară şi-l trece prin flacăra unui trece prin porumb şi este apoi evacuat prin partea superioară, afară, prin tunelul de sus. Această uscătorie, la care arzătorul funcţionează cu combustibil lichid (motorină), este înzestrată cu instalaţia de reglare şi control, arătată în schema din fig. 2.

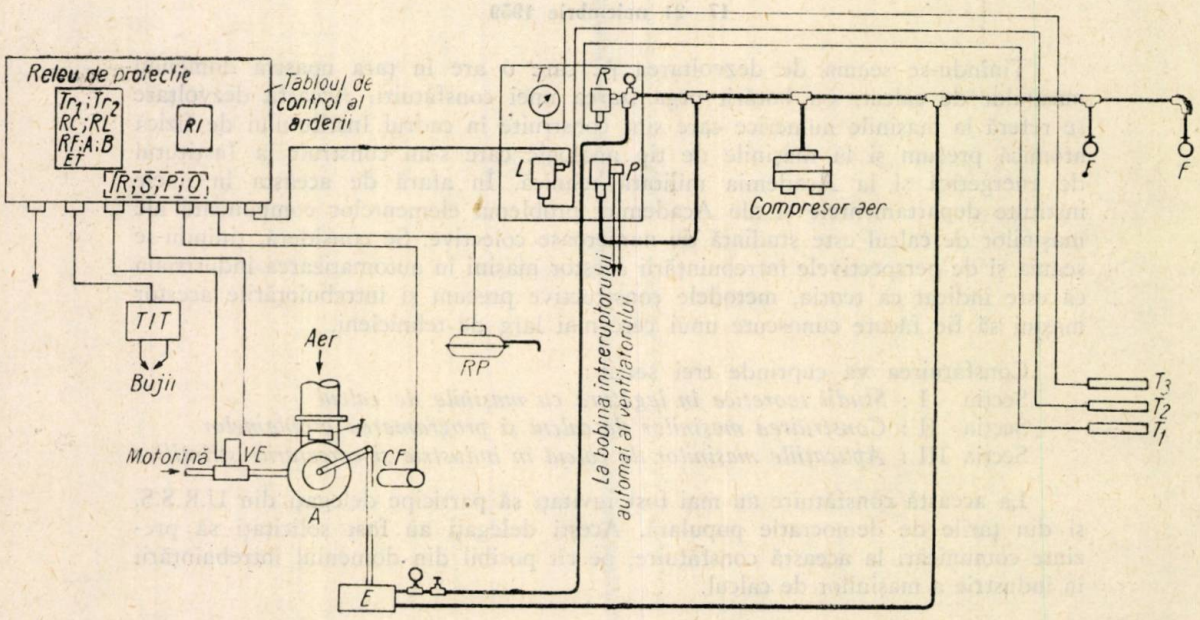


Fig. 2. Schema reglării temperaturii şi controlului arderii la o instalaţie cu un arzător cu combustibil lichid.

*) Ing. M. SAPŞA este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

Descrierea instalaţiei pentru arzător cu combustibil lichid

Reglarea temperaturii. Temperatura aerului de uscare depinde de intensitatea flăcării, dată de arzătorul *A*. Acesta are o construcţie care se pretează uşor la reglare şi anume, prin mişcarea unei singure manete se obţine o variaţie atît a combustibilului, cît şi a aerului de ardere, proporţia dintre ele rămînînd aceea impusă dinainte.

Un element de execuţie *E*, pneumatic, mişcă maneta arzătorului *A* şi dă o anumită intensitate flăcării, în conformitate cu comanda primită de la regulatorul propriu-zis *R*, care şi el este pneumatic. Acesta, prin traductorul *T*, sezisează temperatura aerului din tunelul de jos, unde ventilatorul suflă aer cald. *T* comunică cu un burduf, care dă o deplasare unei clapete, funcţie de temperatura aerului cald. Această clapetă se găseşte în faţa unei duze prin care este lăsat să scape, controlat, aerul venit de la un compresor, reglat la 1 at. Deoarece înaintea acestei duze este un drosel, debitul de aer este redus şi presiunea, în această porţiune dintre drosel şi duză, este micşorată într-o măsură dictată de poziţia clapetei şi deci de temperatura din tunel. În locul unde presiunea de aer este modelată, un manometru indică valoarea ei, iar elementul de execuţie se racordează aici.

Aerul venit de la regulator nu acţionează direct asupra burdufului elementului de execuţie, ci asupra unui amplificator pneumatic, care comandă apoi burduful motorului pneumatic (elementul de execuţie). De aceea, motorul pneumatic primeşte şi aer sub presiune nemodulată, direct din reţeaua compresorului (1 at).

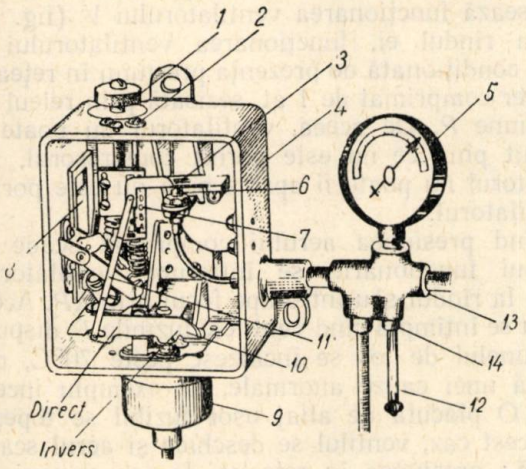


Fig. 3. Regulatorul pneumatic de temperatură:

1 – şurub de reglaj al temperaturii impuse; *2* – şurub de reglaj al coeficientului de proporţionalitate al regulatorului; *3* – clapeta; *4* – cutia regulatorului; *5* – manometru; *6* – duză; *7* – scala coeficientului de proporţionalitate; *8* – scala temperaturilor; *9* – burduf; *10* – pîrghie principală; *11* – pîrghie de inversare; *12* – cheie pentru reglarea strangulării droselului; *13* – ventilul cu ac (drosel); *14* – şurubul de reglare al droselului.

Regulatorul este arătat în fig. 3. Se observă burduful, duza, clapeta, cum şi sistemul de pîrghii de transmisie de la burduf la clapetă. Există posibilitatea de a obţine creşterea presiunii aerului la creşterea temperaturii sau invers, aceasta prin comutarea pîrghiei de inversare.

Cele două arcuri care se văd impun prin tensionarea lor, unul valoarea temperaturii reglate iar celălalt coeficientul de proporţionalitate al regulatorului. Trebuie de precizat că regulatorul este de tip proporţional, fără dispozitive de corecţie.

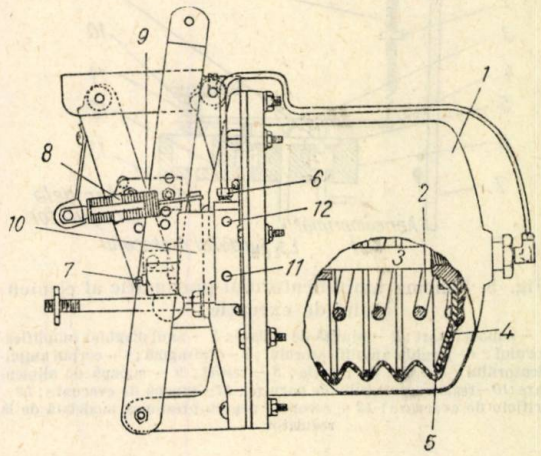


Fig. 4. Motorul pneumatic:

1 – Capacul motorului; *2* – resortul principal; *3* – opritor; *4* – burduf; *5* – placă; *6* – racordul de ieşire din amplificator; *7* – reglajul punctului de pornire al motorului; *8* – reglajul domeniului de deplasare al motorului; *9* – puncte pentru reglajul cursei; *10* – amplificator pneumatic; *11* – racordul pentru presiunea modulată de la regulator; *12* – racordul pentru presiunea de 1 at.

Reglarea celor doi parametrii, valoarea temperaturii reglate şi coeficientul de proporţionalitate, se poate face din exterior cu două şuruburi.

În instalaţia considerată se lucrează cu temperatura de 43°C, iar coeficientul de proporţionalitate se ajustează la punerea în funcţiune a instalaţiei, la o valoare cît mai mare, pentru a avea o eroare staţionară cît mai mică, limitat de intrarea circuitului de reglare în oscilaţie. Reglajul se face prin mărirea coeficientului de proporţionalitate, pînă se observă intrarea în oscilaţie şi apoi se micşorează puţin.

Elementul de execuţie se vede în fig. 4. Se observă amplificatorul la care se racordează conductele de aer din exterior, burduful şi pîrghia principală de acţionare. Aceasta poate avea o cursă de 100 mm.

Schema amplificatorului pneumatic al elementului de execuţie se vede în fig. 5.

Presiunea de comandă, dată de regulator începe să deplaseze pîrghia *4* de la o valoare impusă prin reglajul arcului *10*. Poziţia pîrghiei *4* determină deschiderea supapelor *9* şi *11* şi deci valoarea presiunii aerului trimis în burduful motorului.

Instalaţia este deservită de un compresor, acţionat de un motor electric de 250 W, cu funcţionare intermitentă. Compresorul comprimă aer la 4 at într-un rezervor tampon de 30 l şi de

aici, prin filtru și regulator, aerul este trimis în instalație, la 1 at.

Indicarea temperaturii se face cu un termometru manometric T cu traductorul de temperatură T_3.

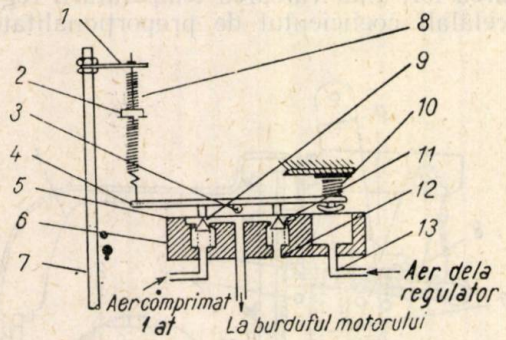


Fig. 5. Schema amplificatorului pneumatic al elementului de execuție :

1 — suport resort ; *2* — piuliță de reglare ; *3* — axul pîrghiei amplificatorului ; *4* — pîrghia amplificatorului ; *5* — diafragmă ; *6* — corpul amplificatorului ; *7* — tija de reacție ; *8* — resort ; *9* — supapă de alimentare ; *10* — reglarea punctului de pornire ; *11* — supapă de evacuare ; *12* — orificiu de evacuare ; *13* — racordul pentru presiunea modelată de la regulator.

Blocările și condiționările funcționării, realizate cu elementele *F, L, P, RP* și *I* din schema

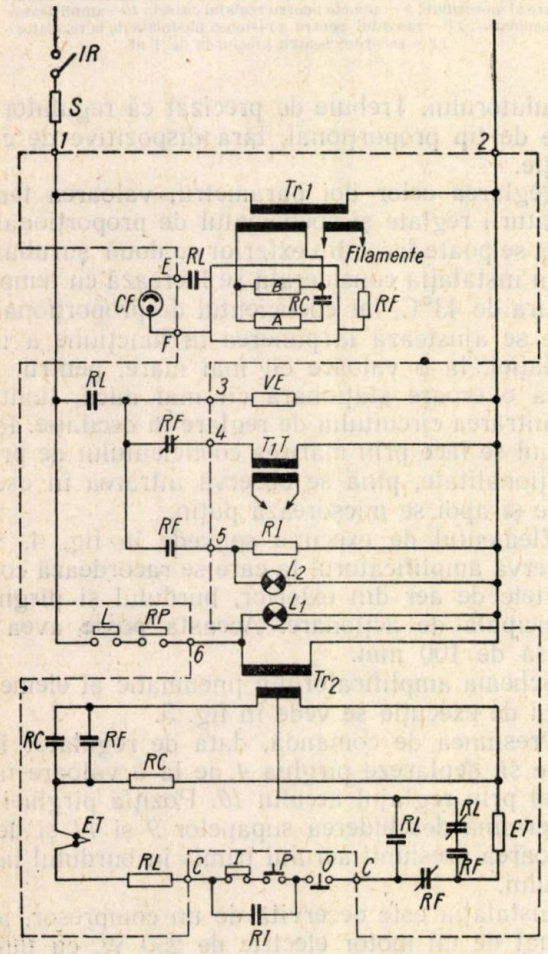


Fig. 6. Schema de control al arderii pentru un arzător cu combustibil lichid.

din fig. 2 sînt expuse mai jos, odată cu descrierea controlului arderii.

Controlul arderii. Controlul arderii se realizează prin schema din fig. 6.

Din fig. 2 se vede că, prin schema de control, cuprinsă în tabloul de control al arderii, se acționează asupra ventilului electromagnetic, care controlează admisia de combustibil și asupra transformatorului de aprindere a flăcării prin bujii.

Controlul este influențat de : întreruptorul *I*, care asigură ca aprinderea să se facă numai de la poziția minimă a manetei arzătorului ; de celula fotoelectrică *CF*, care supraveghează prezența flăcării (fig. 7) ; de releul de temperatură *L*, care sezisează prin traductorul său T_2 tempe-

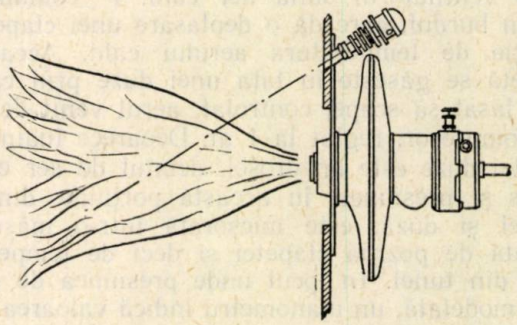


Fig. 7. Supravegherea flăcării prin celulă fotoelectrică.

ratura în tunelul de jos și comandă întreruperea focului în cazul depășirii limitei maxime admise de temperatură ; de releul de presiune *RP*, care sezisează funcționarea ventilatorului *V* (fig. 1).

La rîndul ei, funcționarea ventilatorului *V* este condiționată de prezența presiunii în rețeaua de aer comprimat de 1 at, sezisată prin releul de presiune *P*. De aceea, ventilatorul nu poate fi pornit pînă ce nu este pornit compresorul, iar arzătorul nu poate fi aprins pînă nu este pornit ventilatorul.

Cînd presiunea aerului comprimat scade în timpul funcționării, se întrerupe ventilatorul, care la rîndul său întrerupe focul prin *RP*. Acest lucru se întîmplă cînd ventilele fuzibile *F*, dispuse în tunelul de jos se încălzesc peste 70°C, datorită unei cauze anormale, de exemplu incendiu. O plăcuță de aliaj ușor fuzibil se topește în acest caz, ventilul se deschide și aerul scapă afară ; presiunea în rețeaua de aer comprimat scade ; releul pneumatic *P* acționează și, ca urmare, se oprește ventilatorul *V* și apoi focul.

Pe schema din fig. 8 se poate urmări modul de pornire al instalației și funcționarea protecției în diferite cazuri.

La închiderea întreruptorului de rețea *IR*, se aprinde lampa L_1, dacă releul de temperatură este închis (ceea ce indică o temperatură normală în tunel) și dacă *RP*, care indică funcționarea ventilatorului este și el închis. Totodată, schema își face un autocontrol. Își verifică sin-

gură capacitatea de a proteja în cazul stingerii flăcării, după ce arzătorul va fi aprins.

Elementul, care este astfel controlat, este releul de flacără *RF*, care este legat de celula fo-

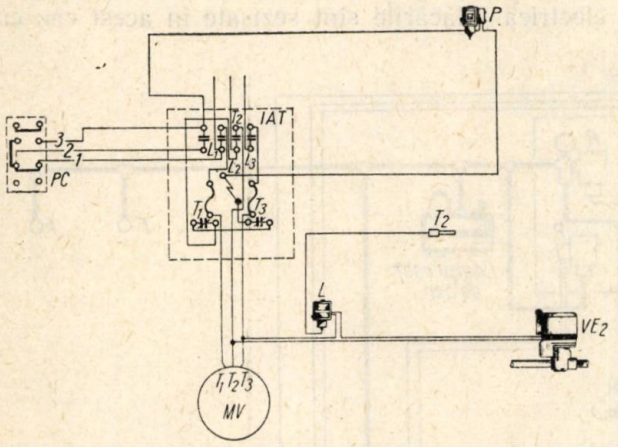


Fig. 8. Schemă de control al arderii pentru arzător cu gaz, cu aprindere manuală a flăcării pilot:

PC — buton de comandă; *IAT* — întreruptor automat bipolar al motorului ventilatorului; *P* — releul de presiune; T_2 — traductorul de temperatură; *L* — releul de temperatură; VE_2 — ventilul electromagnetic; *MV* — motorul ventilatorului.

toelectrică *CF* prin montajul electronic cu semituburile *A* şi *B*. Cînd conduce porţiunea *B* a tubului, trebuie să se cupleze *RF*. Cînd conduce porţiunea *A* a tubului, porţiunea *B* este blocată, iar *RF* cade. Schema electronică lucrează astfel cînd *CF* nu este încă luminată de flacără. După ce contactul *RL* se va închide şi flacăra se va aprinde, se va face bascularea de pe *A* pe *B* iar *RF* se va cupla. Stingerea flăcării va duce la căderea releului *RF*.

Schema îşi verifică circuitele astfel: după închiderea lui *TR*, prin Tr_1 este alimentat *B* şi astfel se cuplează *RF*. Un contact al lui *RF* cuplează releul de control *RC* alimentat prin transformatorul Tr_2. Printr-un contact al său, *RC* scurtcircuitează contactul *RF* şi se automenţine cuplat. Prin alt contact, închide circuitul de alimentare al semitubului *A*. Dacă circuitul este corect, *B* nu mai conduce, iar releul *RF* cade. Schema este pregătită pentru aprinderea arzătorului.

Din momentul cuplării releului *RF*, prin elementul termic *ET* trece curent. El este alimentat din transformatorul Tr_2 prin contactele *RL* şi *RF*. Dacă în decurs de 15 s, valoare la care este reglat *ET*, *RF*, nu se desface, înseamnă că schema nu funcţionează normal şi că întreruperea flăcării nu ar duce la oprirea combustibilului. De aceea contactul *ET* se desface şi rămîne desfăcut (aceeaşi funcţionare ca a protecţiei termice de la un întreruptor automat). Ca urmare, comanda aprinderii nu se mai poate face. De abia după răcirea bimetalului din elementul termic se poate face reanclanşarea manual şi numai după aceea, dacă defectul a fost înlăturat, va fi permisă aprinderea.

Aprinderea se face prin apăsarea pe butonul de pornire *P*. Dacă arzătorul are maneta în poziţia de minim (*I* închis), se cuplează releul de lucru *RL*, alimentat fiind din transformatorul Tr_2, prin contactele *RL*, *RF*, *O*, *P*, *I*, *ET* şi *RC*. Printr-un contact al său *RL* închide circuitul de alimentare al ventilului electromagnetic, care astfel se deschide şi circuitul transformatorului de înaltă tensiune *TIT*, care la rîndul său alimentează bujiile de aprindere. Dacă flacăra se aprinde suficient de repede, celula fotoelectrică *CF* sezisează şi, prin intermediul montajului electronic cuplează releul *RF*. Acesta, la rîndul său, întrerupe alimentarea transformatorului *TIT* scînteia dintre bujii se stinge — şi cuplează releul intermediar *RI*. Se aprinde lampa L_2, care indică funcţionarea normală cu focul aprins.

Releul *RI* asigură menţinerea releului *RL*, chiar după desfacerea lui *P* şi *I*. În timpul aprinderii, elementul termic *ET* supraveghează din nou ca încercarea de aprindere să nu depăşească 15 s. Prin contactele *RL* şi *RF* este alimentat *ET*.

Dacă aprinderea se face suficient de repede, se întrerupe alimentarea lui *ET* prin cuplarea lui *RF*. În caz contrar, după 15 s se desface contactul *ET* şi numai după circa 5 min se poate încerca din nou aprinderea după ce se închide contactul *ET*.

În timpul funcţionării, se opreşte focul prin închiderea ventilului electromagnetic al combustibilului, în următoarele cazuri:

a) dacă temperatura depăşeşte valoarea limită la care este reglat releul de temperatură *L*;
b) dacă contactul releului pneumatic *RP* se desface, ca urmare a întreruperii funcţionării ventilatorului *V*;
c) dacă dintr-un motiv oarecare flacăra s-a stins; celula fotoelectrică dă comanda de închidere a combustibilului;
d) la căderea tensiunii de alimentare a schemei;
e) la apăsarea pe butonul de oprire *O*.

Aceeaşi aparatură de protecţie are posibilităţi mai mari în cazul utilizării unui combustibil gazos. Aceste funcţiuni sînt arătate mai jos.

În schema analizată, porţiunea cuprinsă în conturul punctat, corespunde unui bloc, denumit releu de protecţie şi care se utilizează cîte unul pentru fiecare arzător, în cazul unei instalaţii cu mai multe arzătoare.

La instalaţiile în funcţiune s-a putut constata că aprinderea şi protecţia se face în bune condiţii, în modul arătat mai sus, astfel că uscătorul lucrează fără personal pentru supraveghere.

Reglarea temperaturii se face cu o precizie de ± 2°C în jurul valorii alese de 43°C.

La nevoie, în cazul unei opriri a focului, o semnalizare acustică ar putea înştiinţa personalul de exploatare.

Instalaţia de reglare a temperaturii şi control al arderii, în cazul utilizării unui combustibil gazos

Aparatura descrisă mai sus, de fabricaţie Honeywell, poate fi utilizată şi în alte variante. În cazul combustibilului gazos, aprinderea se

poate face mai uşor decît la combustibil lichid. De aceea, se utilizează o flacără mică, pilot, care se aprinde manual, sau prin scînteie electrică, iar flacăra principală este alimentată printr-un ventil electromagnetic, care închide sau deschide admisia gazului.

lichid, cu deosebirea că elementul de execuţie este solidar cu un ventil.

Se observă ventilul electromagnetic principal VE_2 şi ventilul electromagnetic VE_1 pentru flăcările pilot, care aici sînt aprinse cu scînteie electrică. Flăcările sînt sezisate în acest caz cu

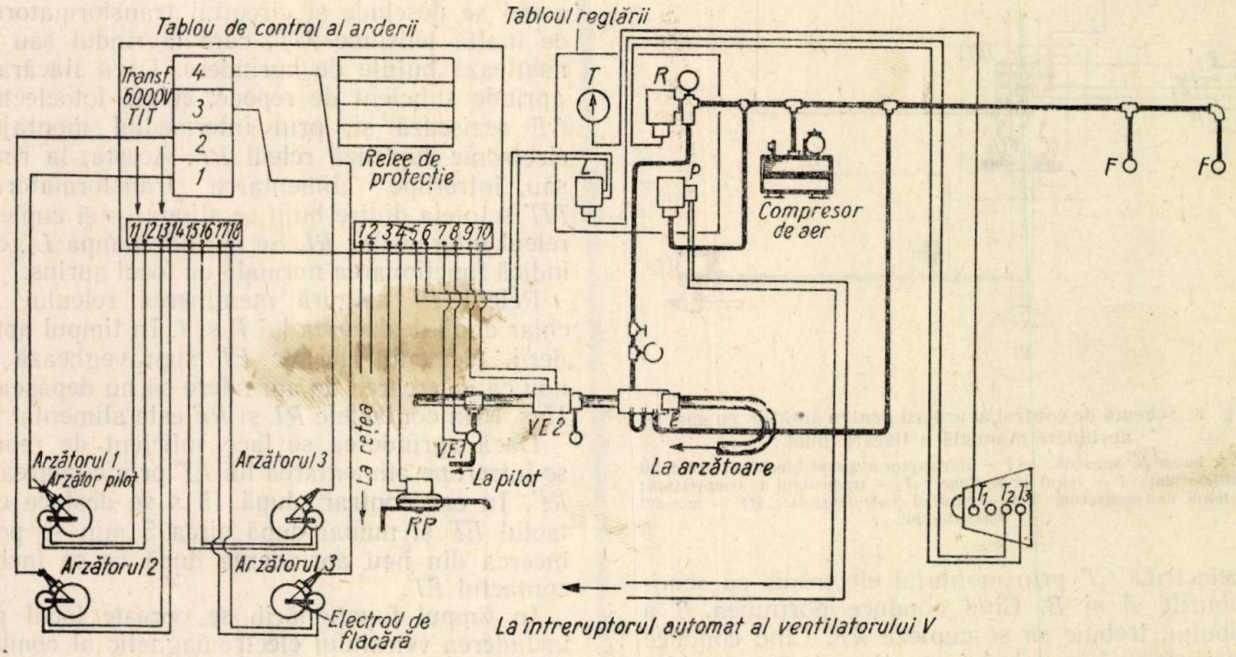


Fig. 9. Schema de reglare a temperaturii şi control al arderii pentru o instalaţie cu patru arzătoare cu gaz.

Reglarea temperaturii se face în acelaşi mod ca şi la arzătorul cu combustibil lichid, cu singura deosebire că elementul de execuţie este solidar legat cu un ventil, reglînd astfel debitul de gaz.

Partea de control a arderii este diferită. Astfel, în fig. 6 se vede o instalaţie simplă, la care aprinderea flăcării pilot se face manual, iar aparatura de control al arderii se rezumă la următoarele: ventilul electromagnetic principal se deschide numai după ce porneşte ventilatorul, căci este alimentat după contactele aceluiaşi contactor. În circuitul său de alimentare se vede, că releul de temperatură L are posibilităţi să-l închidă şi deci să oprească focul (în afară flăcării pilot) dacă temperatura a depăşit limita impusă (de exemplu 50°C) şi să-l redeschidă cînd temperatura revine. În prezenţa flăcării pilot flacăra principală se reaprinde.

Se vede de asemenea în această schemă cum releul de presiune P întrerupe alimentarea ventilatorului V şi deci şi al ventilului electromagnetic, cînd presiunea, în reţeaua de aer comprimat pentru reglare, scade (de exemplu cînd fuzibilele F se topesc).

Un control mai complet al arderii, în cazul unei instalaţii cu patru arzătoare este arătat în schema din fig. 9, în care se reproduce şi partea de reglare a temperaturii. Se observă că aceasta din urmă este la fel ca în cazul combustibilului

tije de flacără, legate fiecare cu cîte un releu de protecţie la fel ca acela utilizat la combustibil lichid.

Pentru patru arzătoare sînt patru transformatori de aprindere cu patru perechi de bujii şi patru relee de protecţie. Reamintim că releul de protecţie cuprinde toată schema din conturul punctat din schema de la fig. 6.

Reprezentarea schematică a legării a două sau mai multe relee de protecţie este arătată în fig. 10.

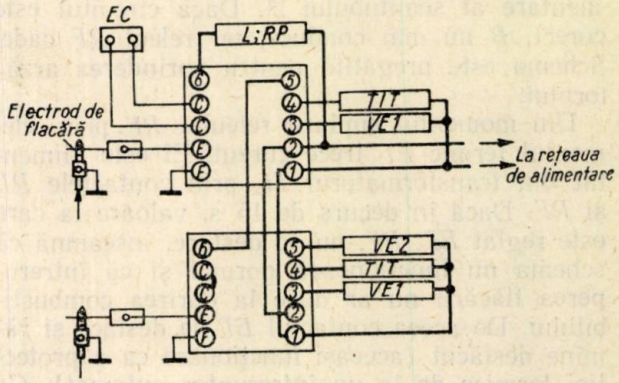


Fig. 10. Legarea releelor de protecţie în cazul unei instalaţii cu mai multe arzătoare.

Aici VE_1 este ventilul pilot, iar VE_2 este ventilul principal. *TIT* este transformatorul de înaltă tensiune (6 000 V) pentru aprindere, iar *EC*

este elementul de comandă (buton, comutator etc.) cu poziţie de închidere stabilă.

După închiderea întreruptorului de reţea, fiecare releu de control îşi face autocontrolul descris mai sus în cazul combustibilului lichid şi, dacă toate sînt în bună stare de funcţionare, cînd se închide *EC* se aprind în cascadă una cîte una flăcările pilot. După ce s-au aprins toate, ultimul releu deschide ventilul principal VE_2, care alimentează cu gaz toate arzătoarele.

În cazul întreruperii flăcării unuia dintre arzătoare, se întrerupe alimentarea vanei principale VE_2 şi se opreşte deci focul; totuşi, ventilul VE_1 al arzătoarelor pilot rămîne deschis, iar transformatorul *TIT* se cuplează, căutînd să restabilească flăcările pilot stinse.

Dacă reaprinderea nu reuşeşte în decurs de 15 s, se produce blocarea instalaţiei prin declanşarea contactului *ET*.

În cazul unei comenzi de întrerupere, intervenită între bornele *CC*, se întrerupe complect alimentarea cu combustibil, prin închiderea lui VE_1 şi VE_2. Transformatorul *TIT* nu este alimentat. O comandă de reaprindere duce la reaprinderea arzătoarelor pilot şi ulterior la alimentarea cu combustibil pentru flăcările principale.

În cazul căderii tensiunii, toate releele şi ventilele revin în poziţia iniţială, focul se stinge, iar admisia de combustibil se opreşte. La revenirea tensiunii, circuitele releelor de protecţie îşi fac autocontrolul descris mai sus şi dacă elementul de comandă legat între bornele *CC* a rămas închis, urmează imediat aprinderea arzătoarelor pilot şi a arzătoarelor principale.

Instalaţia de reglare a temperaturii şi control al arderii descrisă mai sus în cazul unei utilizări concrete îşi poate găsi aplicaţie în multe alte utilizări.

Pentru reglarea temperaturii se poate folosi o aparatură electrică în locul celei pneumatice, iar condiţiile de pornire şi oprire ale focului se pot face în funcţie de condiţiile specifice locului unde se aplică.

MARIO DUMA, MARCEL SÎRBU*)

Traductor de putere în curent continuu în regim de compensator pentru telemăsură

CZ 621.317.78.024:621.398

În tehnica telemăsurii puterilor se pune foarte des problema traducerii puterii în curent continuu ca parametru convenabil atît pentru transmiterea la distanţe mici, cît şi pentru obţinerea şi transmisia la distanţă a indicaţiei puterii totale a centralelor electrice, prin însumarea în dispozitive speciale a curenţilor continui de la traductoarele de putere în curent continuu.

Datorită importanţei deosebite care se dă conducerii şi controlului centralizat, în primul rînd în sistemele energetice, prin organizarea serviciilor de dispecer şi utilarea lor cu aparatură de telemecanică, este necesară elaborarea unor sisteme sigure, cu o precizie satisfăcătoare pentru însumarea puterilor, care să permită însumarea unui număr mare de componente ale sumei şi, în multe cazuri, posibilitatea de a efectua însumarea la un punct situat la o distanţă de cîţiva km de traductorul primar. În acest din urmă caz traductorul îndeplineşte funcţia de telewattmetru de mică distanţă.

Este evident că pentru îndeplinirea acestor cerinţe este necesar să se dea o atenţie deosebită elaborării traductoarelor de putere în curent continuu, care trebuie să prezinte o precizie cît mai mare, pentru ca întreg dispozitivul de însumare să se încadreze în clasa cerută, să asigure la ieşire o putere suficientă a curentului continuu pentru a permite situarea dispozitivului de însumare, în caz de necesitate, la o distanţă de cîţiva km de traductor, să fie cît mai simple din punct de vedere constructiv şi uşor reproductibile în serie.

Din acest punct de vedere traductoarele de putere în curent continuu elaborate pînă în prezent prezintă următoarele caracteristici:

a) *Traductoarele statice* existente [1], [2], [3], [4] pot să asigure o precizie de 1 ... 1,5%, însă prezintă o serie de inconveniente. Astfel unele [2], [3], spre exemplu cele termoelectrice, asigură puterea redusă a curentului continuu la ieşire ceea ce nu permite utilizarea lor în sisteme de telemăsură de mică distanţă decît cuplate cu amplificatoare intermediare speciale; altele, [1], [4], spre exemplu cele magnetice, necesită operaţiuni dificile de ajustare, calcul şi reglare individuală, operaţiuni ce necesită o calificare înaltă şi fac dificilă o fabricaţie în serie.

b) *Traductoarele cu piese în mişcare* existente, care funcţionează în buclă închisă, după principiul echilibrării cuplului activ produs de un wattmetru trifazat, cu cuplul antagonist produs de un miliampermetru de tip magneto-

*) Ing. M. DUMA este şef de secţie şi ing. M. SÎRBU este şef de laborator la Institutul de cercetări electrotehnice

electric cu cadru mobil, pot asigura la ieșire puterea necesară transmiterii indicațiilor la distanță, însă necesită o construcție specială de mecanică fină lucru care nu este de dorit. Precizia dispozitivului depinde de precizia de execuție a construcției mecanice.

În Institutul de cercetări electrotehnice a fost elaborat în anul 1957 un traductor de putere în curent continuu în regim de compensator care permite transformarea puterii în curent continuu cu o precizie corespunzătoare clasei 1, asigură posibilitatea transmiterii curentului continuu la distanță de cîțiva zeci de km pe circuite fizice și este simplu din punct de vedere constructiv, realizîndu-se din elemente standardizate din producția de mare serie.

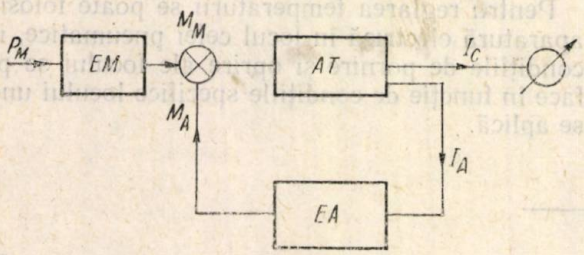


Fig. 1. Schema bloc a traductorului de putere în curent continuu.

Funcționarea traductorului de putere în curent continuu (fig. 1) se bazează pe echilibrarea cuplului activ măsurat M_M, produs în două echipaje de măsură EM — ale unui aparat de inducție cu cîmp progresiv, printr-un cuplu antagonist M_A produs prin intermediul amplificatorului traductor AT în al treilea echipaj antagonist EA, al aceluiași aparat. Cuplul antagonist M_A urmărește variațiile cuplului activ M_M și tinde să echilibreze în fiecare moment acest cuplu. După cum se știe, cuplul activ dezvoltat în sistemul mobil al unui aparat de inducție cu cîmp progresiv este proporțional cu puterea măsurată: (pentru măsurarea puterii trifazate expresia este similară cu cea prezentată).

$$M_M = K_M \cdot P_M,$$

unde:

$$P_M = U_M I_M \cos \varphi_M$$

M_M — cupul activ care acționează asupra sistemului mobil; P_M — puterea măsurată; U_M — valoarea eficace a tensiunii de la reductorul de tensiune; I_M — valoarea eficace a curentului de la reductorul de curent; φ_M — unghiul dintre vectorii U_M și I_M; K_M — coeficient de proporționalitate.

Cuplul antagonist va fi la rîndul său proporțional cu puterea produsă în echipajul antagonist:

$$M_A = K_A P_A$$

unde

$$P_A = U_A I_A \cos \varphi_A$$

Aici indicele A arată că mărimile se referă la echipajul antagonist. După echilibrarea sistemului, cuplul antagonist va fi egal cu cuplul activ:

$$M_M = M_A,$$

sau

$$K_M P_M = K_A U_A I_A \cos \varphi_A.$$

Dacă se menține permanent constantă tensiunea U_A a echipajului antagonist, iar unghiul φ_A este egal cu zero, atunci puterea măsurată este proporțională cu valoarea eficace a curentului antagonist:

$$P_M = K_1 I_A \qquad (1)$$

unde

$$K_1 = \frac{K_A U_A}{K_M}.$$

După redresare valoarea medie a curentului I_c de ieșire va fi proporțională cu valoarea eficace a curentului alternativ I_A din bobina de curent a echipajului antagonist:

$$I_C = K_2 I_A \qquad (2)$$

de aici:

$$P_M = K I_C \qquad (3)$$

unde

$$K = \frac{K_1}{K_2}.$$

Pentru schema de redresare în dublă alternanță, considerînd K_i, coeficientul de transformare al transformatorului de curent T_3 fig. 2, obținem:

$$K_2 = \frac{4}{\pi K_i}$$

Introducînd valorile lui K_1 și K_2 în formula (3) obținem:

$$I_C = \frac{4 K_M}{\pi K_A K_i U_A} \cdot P_M. \qquad (4)$$

După cum se vede din expresia obținută (4), valoarea curentului continuu de la ieșirea redresorului este proporțională cu valoarea puterii măsurate.

Pentru obținerea expresiei (3) s-au presupus următoarele:

1. Se menține constantă valoarea expresiei $U_A \cos \varphi_A$ la variațiile tensiunii rețelei în limitele de funcțiune ale traductorului, ceea ce se poate obține fie prin stabilizarea valorii $U_A \cos \varphi_A$, fie prin stabilizarea valorii eficace a tensiunii U_A din echipajul antagonist, decalajul φ_A dintre tensiunea U_A și curentul I_A fiind redus la minimum, pentru ca $\cos \varphi_A$ să fie întotdeauna practic egal cu 1 și o eventuală variație a decalajului

dintre cei doi vectori, în timpul funcționării, să producă o eroare minimă.

2. În limitele de funcționare ale traductorului coeficientul de proporționalitate K_2 dintre valoarea medie a curentului de la ieșire I_c și valoarea eficace a curentului antagonist I_A rămîne constant.

Aceasta înseamnă că în limitele de funcționare ale traductorului nu se modifică coeficientul de transformare K_i al transformatorului de curent T_3 (fig. 2).

3. În timpul funcționării nu apar distorsiuni în forma curbei curentului antagonist, care ar putea influența asupra proporționalității dintre valoarea curentului mediu și valoarea eficace a armonicii fundamentale. Bobina de tensiune a echipajului antagonist este alimentată de la tensiunea rețelei practic nedistorsionată, de aceea va produce un cuplu antagonist numai armonica fundamentală.

4. În limitele de funcționare ale traductorului raportul $\frac{K_A}{K_M}$ se menține constant. Într-adevăr, curba de erori a unui contor cu cîmp progresiv, la variația sarcinii este similară pentru fiecare din echipaje. De aceea variația coeficienților K_A și K_M cu sarcina este de același ordin de mărime și raportul $\frac{K_A}{K_M}$ poate fi obținut practic constant.

Schema de principiu a traductorului de putere în curent continuu realizat în ICET este reprezentată în fig. 2. La prototipul realizat s-a utilizat un contor trifazat de energie de fabricație curentă cu trei echipaje și două discuri, căruia i s-au adus modificările necesare pentru a putea fi folosit ca element de compensare prin eliminarea mecanismului de numărare.

Măsurarea puterii se face după metoda celor două wattmetre în echipajele de măsură EM_1 și EM_2. Asupra sistemului mobil al contorului acționează un cuplu, proporțional cu puterea măsurată care tinde să imprime sistemului mobil o mișcare de rotație. Bobinele B_1 și B_2 acordate cu capacitățile C_1 și C_2, fac parte din circuitele de grilă și de anodă ale oscilatorului electronic de înaltă frecvență construit pe partea inferioară a tubului 6Ж4 (fig. 2). În discul inferior al contorului a fost executată o fantă, profilată în așa fel, încît să permită mărirea cuplajului magnetic dintre cele două bobine acordate, la deplasarea discului în sensul corespunzător momentului activ produs în echipajele de măsură EM_1 și EM_2 ceea ce duce la variația corespunzătoare amplitudinii oscilațiilor de înaltă frecvență ale oscilatorului.

În anoda tubului 6Ж4 există un alt circuit acordat format din transformatorul de înaltă frecvență T_1 și capacitatea variabilă (trimmerul C_5). Oscilațiile de înaltă frecvență amplificate în circuitul anodic al tubului 6Ж4 sînt transmise prin transformatorul de înaltă frecvență la intrarea etajului final construit cu tubul 6H7C. Acest etaj este alimentat în tensiune alternativă de la transformatorul T_4 și funcționează ca redresor comandat pentru 50 Hz. În același timp tubul 6H7C efectuează amplificarea și detecția anodică a oscilațiilor de înaltă

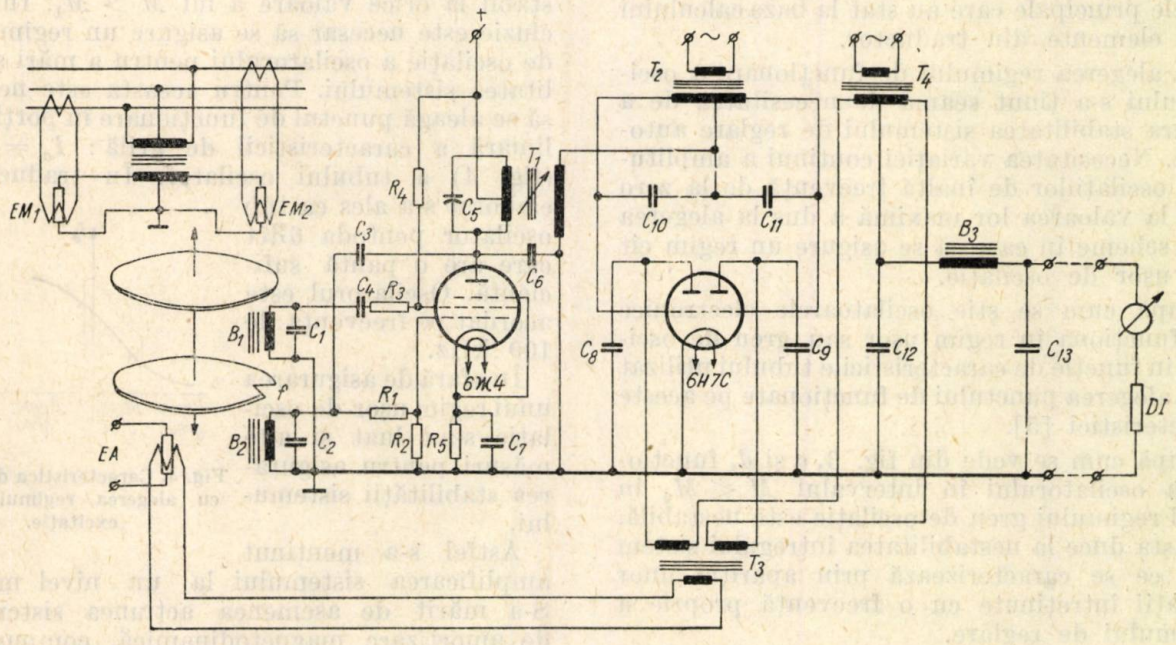


Fig. 2. Schema de principiu a traductorului de putere în curent continuu.

frecvență. Cînd nu există nici un semnal la intrarea traductorului și deci nu există nici oscilații de înaltă frecvență, tubul 6H7C este

blocat datorită tensiunii de negativare date de transformatorul de negativare T_2, tensiune care este în contrafază cu tensiunea anodică. La apariţia unui cuplu activ apar oscilaţii de înaltă frecvenţă care deschid tubul 6H7C în măsura necesară creerii în echipajul antagonist EA a unui curent alternativ I_A, necesar echilibrării cuplurilor. După cum se vede din schema de principiu, curentul alternativ din bobina de curent a echipajului antagonist se obţine cu ajutorul transformatorului de curent T_3 prin compunerea în înfăşurarea secundară a transformatorului a celor două alternanţe din înfăşurările primare. Înfăşurările primare reprezintă sarcina anodică, a celor două jumătăţi din tubul 6H7C care funcţionează în contratimp. Curentul continuu obţinut prin redresare în dublă alternanţă este filtrat cu ajutorul filtrului format din C_{12}, C_{13} şi B_3 şi este trimis în canalul de telecomunicaţie pentru efectuarea telemăsurii puterii sau introdus în înfăşurarea de comandă a dispozitivului de însumare DI, în cazul însumării puterilor.

Traductorul realizat face parte, după cum se vede, din categoria aparatelor compensate. În aceste aparate se elimină în mare măsură eroarea datorită variaţiilor parametrilor schemei şi a parametrilor liniei de telecomunicaţie, variaţiei tensiunii de alimentare, îmbătrînirii tuburilor electronice, etc. Aparatul avînd în principiu o funcţionare astatică, la apariţia oricăror perturbaţii externe eroarea tinde spre zero.

În cele ce urmează se vor expune considerentele principale care au stat la baza calculului unor elemente din traductor.

La alegerea regimului de funcţionare a oscilatorului s-a ţinut seamă de necesitatea de a asigura stabilitatea sistemului de reglare automată. Necesitatea variaţiei continui a amplitudinii oscilaţiilor de înaltă frecvenţă de la zero pînă la valoarea lor maximă a dus la alegerea unei scheme în care să se asigure un regim cît mai uşor de oscilaţie.

După cum se ştie oscilatoarele electronice pot funcţiona în regim uşor sau greu de oscilaţie în funcţie de caracteristicile tubului utilizat şi de alegerea punctului de funcţionare pe aceste caracteristici [5].

După cum se vede din fig. 3, *c* şi *d*, funcţionarea oscilatorului în intervalul $M < M_4$ în cazul regimului greu de oscilaţie este nestabilă. Aceasta duce la nestabilitatea întregului sistem ceea ce se caracterizează prin apariţia unor oscilaţii întreţinute cu o frecvenţă proprie a sistemului de reglare.

S-a stabilit că amplitudinea oscilaţiilor scade cu creşterea valorii puterii măsurate astfel că de la o anumită valoare a puterii sistemul poate să devină stabil, oscilaţiile dispărînd complet.

La scăderea puterii măsurate, sistemul continuă să rămînă stabil, deoarece în acest caz oscilaţiile de înaltă frecvenţă se menţin pînă la valoarea $M = M_1$. Cînd M devine mai mic decît M_1 oscilaţiile de înaltă frecvenţă se întrerup şi sistemul devine din nou instabil.

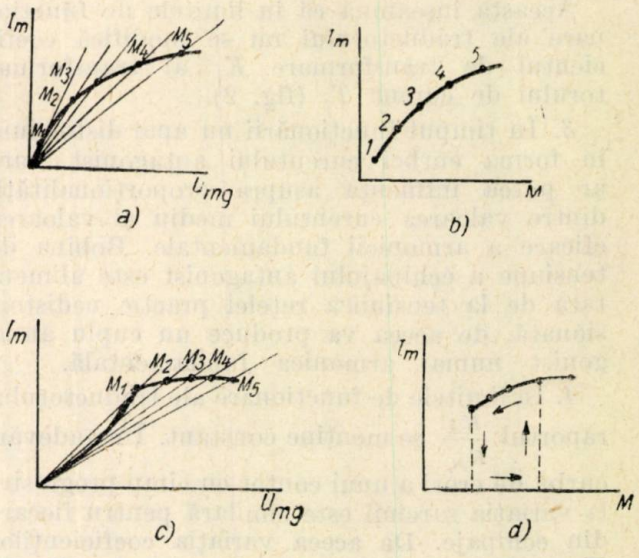


Fig. 3

a – caracteristica de oscilaţie pentru excitaţie uşoară; *b* – variaţia $I_m = f(M)$ pentru excitaţia uşoară; *c* – caracteristica de oscilaţie pentru excitaţia grea; *d* – variaţia $I_m = f(M)$ pentru excitaţie grea.

În cazul funcţionării oscilatorului în regim uşor de oscilaţie, fig. 3, *a* şi *b*, sistemul va fi stabil la orice valoare a lui $M > M_1$. În concluzie este necesar să se asigure un regim uşor de oscilaţie a oscilatorului pentru a mări stabilitatea sistemului. Pentru aceasta este necesar să se aleagă punctul de funcţionare în porţiunea liniară a caracteristicii de grilă: $I_a = f(U_g)$ (fig. 4) a tubului oscilator. În traductorul elaborat s-a ales ca tub oscilator pentoda 6Ж4 care are o pantă suficientă. Oscilatorul este acordat pe frecvenţa de 100 kHz.

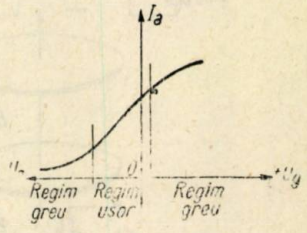


Fig. 4. Caracteristica de grilă cu alegerea regimului de excitaţie.

În afară de asigurarea unui regim uşor de oscilaţie s-au luat şi alte măsuri pentru asigurarea stabilităţii sistemului.

Astfel s-a menţinut amplificarea sistemului la un nivel mediu. S-a mărit de asemenea acţiunea sistemului de amortizare magnetodinamică, compus din discul contorului şi cei doi magneţi permanenţi, prin utilizarea unor magneţi mai puternici. S-a introdus de asemenea o reacţie negativă locală de stabilizare între anoda şi grila tubului 6Ж4 prin capaci-

tatea C_3. Ca rezultat al acestor măsuri luate s-a menținut în partea inferioară a scalei un regim de funcționare la limita stabilității pînă la aproximativ 10% din valoarea nominală a curentului continuu de la ieşire. Amplitudinea oscilațiilor în această gamă este de aproximativ $\pm 0{,}5\%$ din valoarea nominală. Acest regim asigură micşorarea erorilor de frecări care ar putea avea influență în special în această porțiune inițială a caracteristicii — $P_M = f(I_c)$.

Pentru efectuarea cuplajului dintre oscilator şi etajul electronic final există mai multe variante. În prototipul realizat s-a adoptat varianta optimă de comandă directă a etajului final în înaltă frecvență. După cum s-a arătat anterior, negativarea etajului final se efectuează prin tensiune alternativă de la transformatorul T_2 (fig. 2).

Avînd în vedere că în această variantă nu există un etaj separator între oscilator şi etajul final care datorită curentului de grilă reprezintă o sarcină variabilă pentru oscilator, s-a dat atenție asigurării unui cuplaj optim pentru funcționarea sistemului, între cele două etaje. Fenomenele care au loc în acest caz de funcționare sînt destul de complicate datorită faptului că orice variație a sarcinii influențează asupra regimului de funcționare al oscilatorului.

Pentru a obține un curent anodic mare, în circuitele de grilă ale tubului 6H7C nu s-au introdus rezistențe de limitare, astfel că etajul final lucrează, după cum am spus, în curenți de grilă. Cînd pe grila unei jumătăți de tub se aplică alternanța pozitivă a tensiunii de blocare, dioda grilă-catodă respectivă conduce şi curentul de grilă determinat de impedanța variabilă a diodei circulă prin jumătatea respectivă a înfăşurării secundare a transformatorului de negativare şi prin înfăşurarea secundară a transformatorului de înaltă frecvență. Astfel prin înfăşurarea secundară a transformatorului de înaltă frecvență circulă în permanență un curent pulsatoriu de 100 Hz care va modifica funcționarea oscilatorului. La apariția semnalului la intrare vor apare oscilații de înaltă frecvență care vor fi modulate cu 100 Hz. Gradul de modulație este în mod normal de funcționare de aproape 100%. S-a constatat că acest regim de funcționare este foarte avantajos în cazul de față, contribuind la obținerea unei forme de undă sinusoidale a curentului antagonist I_A în transformatorul de curent, la menținerea constantă a coeficientului K_2 (vezi formula 4) în funcție de puterea măsurată şi deci la o liniaritate satisfăcătoare. Pentru asigurarea acestui grad de modulație este necesar un anumit cuplaj între circuitul anodic al oscilatorului şi circuitul secundar echivalent al transformatorului de înaltă frecvență.

Circuitul secundar echivalent (fig. 5) constă din: L_E — inductanța echivalentă a înfăşurării secundare a transformatorului de înaltă frecvență T_1 şi a înfăşurărilor transformatorului de blocare T_2; C_E — capacitatea echivalentă formată din capacitatea parazită a transformatorului de blocare şi capacitățile de ajustare C_{10} şi C_{11}; R_p — rezistența pulsatorie a spațiului grilă-catodă a duotriodei 6H7C.

Valoarea lui R_p este maximă atunci cînd $\varphi = (2K+1)\frac{\pi}{2}$ şi este minimă atunci cînd $\varphi = 2K\frac{\pi}{2}$, unde $K = 0, 1, 2, \ldots$, iar $\varphi = 2\pi$ — perioada tensiunilor alternative din placa şi grila triodei 6H7C. În cazul unei variații periodice a acestei rezistențe active, variază

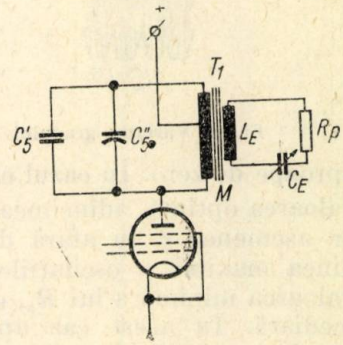


Fig. 5
Circuitul secundar echivalent.

mult reactanța echivalentă a circuitului secundar, reflectată în înfăşurarea primară a transformatorului de înaltă frecvență; odată cu aceasta variază periodic şi acordul circuitelor.

În fig. 6 se arată variația gradului de modulație şi a formei oscilațiilor modulate în funcție de mărimea condensatorului de ajustare C''_5, în cazul în care $C'_5 = 150$ pF şi restul condițiilor nu se schimbă, iar semnalul de intrare este $P = 0{,}8\ P_{nom.}$

Experiențele efectuate au arătat că există o valoare optimă pentru condensatorul de ajustare C — la care oscilatorul posedă o sensibilitate mai ridicată la variația rezistenței echivalente R_p. Desigur, este valoarea la care are loc rezonanța în cazul valorii minime a lui R_p. În acest caz, la o valoare dată a puterii de intrare echilibrarea sistemului are loc la o valoare mai mică a inductanței mutuale M, din cauza cîştigului de amplificare datorat rezonanței. În cazul îndepărtării de condițiile de rezonanță, pentru variația periodică a mărimii R_p, amplitudinea oscilațiilor va scădea de asemenea periodic, ajungînd pînă la întreruperea oscilațiilor la valoarea maximă a lui R_p (Trebuie să se țină seama de faptul că datorită inerției părții mobile a traductorului, inductanța mutuală nu urmăreşte aceste variații periodice).

În consecință, pentru valoarea optimă a condensatorului de ajustare, oscilațiile de înaltă frecvență sînt modulate cu adîncimea de 100%. De exemplu, după cum se vede din fig. 6, *c*, valoarea optimă a condensatorului de ajustare în schema elaborată este $C''_5 = 100$ pF.

Pentru valoarea lui C''_5 diferită de cea optimă, sensibilitatea generatorului față de variația

rezistenței echivalente R_p scade, cîştigul periodic în amplificare se pierde, iar inductanța mutuală M crește. Oscilațiile de înaltă frecvență nu se mai întrerup. De exemplu, pentru valoarea lui $C''_5 = 0$ gradul de modulație scade

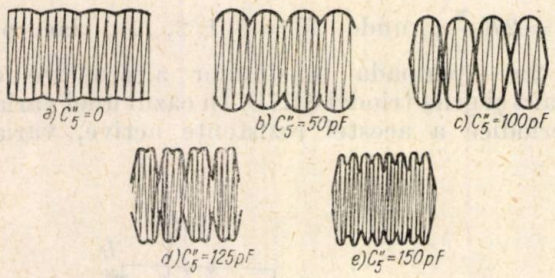


Fig. 6 Variația gradului de modulație.

aproape de zero. În cazul creșterii lui C''_5 peste valoarea optimă, adîncimea de modulație scade de asemenea şi în afară de aceasta, amplitudinea maximă a oscilațiilor nu este atinsă la valoarea minimă a lui R_p, ci la o valoare intermediară. În acest caz apar două valori de maximum în fiecare semiperioadă a tensiunii alternative (fig. 6,*e*).

Dacă se lucrează în regimul optim expus se poate obține cea mai largă gamă de compensare datorită forțării amplificării cu ajutorul fenomenului de rezonanță din circuitul conținînd grila de comandă a tubului final.

Acordul în regim optim se efectuează pentru fiecare traductor o singură dată la reglarea inițială a aparatului. Acest acord se efectuează uşor şi nu necesită o calificare înaltă. Desigur, parametrii circuitelor acordate trebuie să fie stabili în timp, însă condițiile impuse nu sînt prea ridicate, reducîndu-se la aceea că variația capacității condensatorului de ajustare să nu depăşească $\pm 10\%$, ceea ce se poate realiza cu uşurință.

Curentul alternativ I_A, necesar pentru producerea cuplului antagonist M_A, se obține prin intermediul transformatorului de curent T_3. La calculul transformatorului de curent s-a considerat cunoscută valoarea curentului alternativ I_A din bobina de curent a echipajului antagonist şi cu ajutorul diagramei vectoriale s-a determinat valoarea maximă a tensiunii eficace din circuitul anodic al tubului 6H7C, în funcție de valoarea maximă admisă pentru tensiunea anodică a duotriodei 6H7C.

Din calculele făcute reiese că creşterea valorii coeficientului de transformare al transformatorului de curent

$$K = \frac{I_a}{I_A}$$

unde I_A este curentul alternativ din bobina de curent a echipajului antagonist şi I_a — curentul alternativ din circuitul anodic al etajului final care este de dorit să fie cît mai mare pentru a putea micşora valoarea curentului anodic al tubului 6H7C şi pentru a nu mări peste o limită anumită valoarea curentului continuu de la ieşirea traductorului, duce la mărirea proporțională a căderii de tensiune pe sarcina anodică a etajului electronic final la puterea maximă şi pe anoda tubului la puterea minimă. La o tensiune anodică eficace de 300 V şi la un curent antagonist nominal de 5 A s-a luat un coeficient de transformare $K_i = 200$. Filtrul de la ieşirea traductorului format din bobina de şoc B_3 şi capacitățile C_{12}, C_{13} se calculează pentru a obține filtrarea suficientă a componentei alternative de 100 Hz şi pentru a asigura o anumită impedanță de ieşire a traductorului în curent alternativ, necesară în cazul cuplării cu amplificator magnetic însumator.

Constructiv traductorul de putere în curent continuu constă din două blocuri (fig. 7) : blocul compensator care are dimensiunile unui contor trifazat de energie şi blocul electronic. Pentru obținerea compensatorului s-au făcut o serie de modificări contorului şi anume :

demontarea mecanismului de totalizare şi montarea bobinelor B_1 şi B_2 la discul inferior cu ajutorul unor piese simple de prindere special elaborate;

rebobinarea bobinei antagoniste de curent (lucru necesar pentru a nu mări excesiv coeficientul de transformare al transformatorului de curent T_3);

montarea unui limitator cu contact necesar pentru semnalizarea ieşirii din zona de compensare, în cazul depăşirii puterii limită de măsurare şi în cazul întreruperii liniei de telecomunicație;

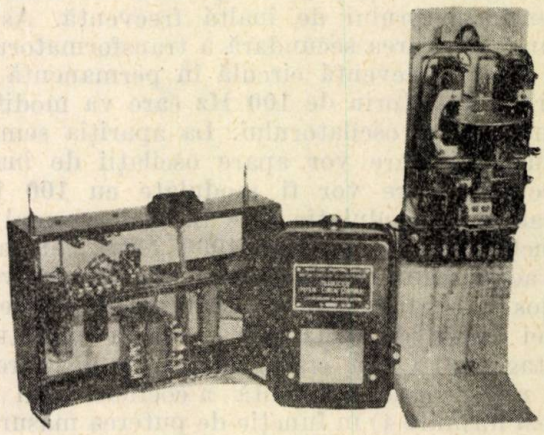


Fig. 7. Construcția traductorului.

executarea unei reglete laterale pentru a separa ieşirile în înaltă frecvență care merg spre oscilator de restul conexiunilor;

în traductoarele destinate telewattmetrului cu dublu sens se introduce un mecanism simplu

suplimentar care impune pe axa echipajului mobil un cuplu inițial. În telewattmetrele cu simplu sens se poate utiliza cuplul inițial obținut prin desimetrizarea circuitului magnetic al echipajului antagonist.

Blocul electronic este format din două părți : o parte fixă pe care este montat transformatorul de alimentare T_4 și transformatorul de curent T_3 și care se montează direct pe un cadru metalic și o parte mobilă, un sertar, care conține restul montajului electronic. Legătura între cele două părți ale blocului electronic se realizează printr-o fișă cu multe contacte. Această construcție permite depanarea rapidă a oricăror defecțiuni apărute în blocul electronic și schimbarea imediată a sertarului defect cu unul de rezervă, ceea ce mărește cu mult siguranța în exploatare.

Avînd în vedere că în sistemele energetice este de obicei necesară montarea a cîtorva traductoare de putere în curent continuu în același loc (în funcție de numărul de agregate al obiectului energetic respectiv), s-au conceput rame care cuprind patru traductoare cu un bloc comun de alimentare. Blocul de alimentare asigură tensiunea continuă necesară oscilatorului, tensiunea de filament și tensiunea alternativă stabilizată necesară în echipajul antagonist *EA*.

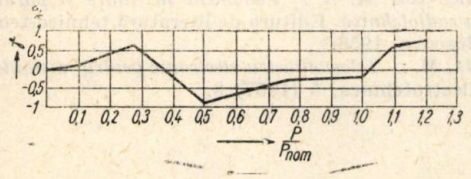


Fig. 8 Eroarea fundamentală a traductorului în %.

Experimentarea traductorului de putere în curent continuu a arătat că eroarea fundamentală a aparatului, adică abaterea de la liniaritate a caracteristicii, pentru variația mărimii de intrare de la 0 la 120% din valoarea nominală, în cazul unui factor de putere cos $\varphi_M = 1$, frecvența $f = 50$ Hz, temperatura $t = 20°C$, nu depășește $\pm$ 1%. Datele din graficul prezentat în fig. 8, reprezintă valorile medii pentru 40 măsurători efectuate în decurs de 200 zile. Pe axa absciselor sînt trecute valorile puterii măsurate (în procente față de valoarea nominală, iar pe axa ordonatelor eroarea fundamentală a traductorului (în %) Valoarea maximă a erorii este de 0,9%. Trebuie să remarcăm că și această eroare are un caracter reproductibil bine determinat, deoarece dispersia erorilor la diferite măsurători, pentru o anumită valoare a puteriide la intrare, nu depășește $\pm$ 0,1...0,2% din valoarea nominală. Aceasta are o importanță deosebită în cazul utilizării traductorului ca telewattmetru de mică distanță, permițînd să se asigure o eroare fundamentală de $\pm$ 0,5%.

Erorile adiționale la variația tensiunii de alimentare a schemei electronice cu $\pm$ 15%, variația rezistenței canalului de legătură între zero și 1500 Ω, variația factorului de distorsiune a tensiunii de alimentare cu 5%, nu depășesc 1% fiecare.

În cazul unui contor cu două discuri eroarea adițională la variația cos φ poate ajunge pînă la 1,5% ; la contorul cu trei discuri eroarea este de 1%.

Timpul de stabilire a indicației la ieșirea traductorului în cazul variației bruște a puterii măsurate de la zero la valoarea nominală, nu depășește două secunde ; procesul este oscilant, cu atenuare rapidă. Un astfel de proces de stabilire a mărimii de la ieșire are importanță deosebită în cazul telewattmetrului de mică distanță, deoarece se micșorează eroarea de frecare în aparatul indicator.

Consumul blocului compensator al traductorului corespunde standardului pentru contoare.

Curentul continuu la ieșirea traductorului pentru : $U_M = 100$ V, $I_M = 5$ A, cos $\varphi_M = 1$, a fost adoptat de 20 mA. Pentru aceleași condiții de lucru se poate obține un curent nominal la ieșire de 5 mA sau 10 mA, cu o altă variantă constructivă a aparatului.

Traductorul poate funcționa în condiții de lucru grele : la variația rezistenței buclei de la ieșire de la zero la 4000 Ω, la o suprasarcină de 40% față de puterea nominală, la variația factorului de distorsiuni a tensiunii de alimentare cu 10%, cu o eroare adițională care nu depășește 2%.

În cazul cînd puterea se măsoară monofazat fiecare traductor servește la însumarea a două valori. În acest caz curentul continuu de la ieșirea traductorului este proporțional cu suma celor două cupluri produse în cele două echipaje active *EM*, de puterile măsurate.

Dacă se realizează o construcție specială a elementului de comparare, cu un număr n de echipaje active se poate obține însumarea a $(n - 1)$ valori.

Un inconvenient al traductorului îl reprezintă necesitatea stabilizării tensiunii antagoniste. Avînd însă în vedere că stabilizatorul se include în blocul de alimentare și furnizează tensiunea stabilizată pentru patru traductoare, acest inconvenient nu este esențial. Este posibilă, de asemenea, funcționarea traductorului și în cazul în care bobina de tensiune a echipajului antagonist *EA* este alimentată de la o tensiune nestabilizată, cu condiția ca dispozitivul de reglare sau însumare *DI* să fie alimentat de la aceiași tensiune cu traductorul și să prezinte o eroare proprie egală și de semn contrar cu eroarea traductorului, la variația tensiunii de alimentare a echipajului antagonist.

Avantajele principale ale traductorului electrono-inductiv de putere în curent continuu de tip compensat sînt următoarele :

1. Construcţia simplă care se bazează pe contoare trifazate de fabricaţie curentă. Nu sînt necesare construcţii speciale de mecanică fină, ceea ce face ca punerea în fabricaţie a aparatului să fie mult mai avantajoasă economic decît a celorlalte aparate cu piese în mişcare în buclă închisă sau deschisă, existente.

2. Condiţii favorabile pentru fabricaţia de serie, traductorul conţinînd elemente uşor reglabile, reproductibile, fără să fie necesară o reglare individuală complicată, sortări sau măsurători ce pretind înaltă calificare.

3. Eroarea fundamentală (abaterea de la liniaritate) pentru traducerea puterii în curent continuu mai mică de 1%.

Această precizie se poate obţine chiar în cazul folosirii unor contoare de clasă 2,5 din următoarele motive [7]:

a) se micşorează cu mult erorile ce apar din cauza frecărilor, prin eliminarea mecanismului de totalizare din contor;

b) este posibilă o compensare reciprocă a curbelor de neliniaritate ale echipajelor active şi a echipajului antagonist, care sînt similare;

c) prin utilizarea contorului în schema traductorului din putere în curent continuu, erorile obţinute la puteri mai mici decît cea nominală nu se mai raportează la valoarea măsurată, ca în cazul contorului de energie, ci la valoarea nominală a puterii.

4. Puterea mare la ieşire, ceea ce permite utilizarea traductorului ca telewattmetru de distanţe medii (10—40 km) fără amplificator intermediar.

5. Lipsesc legăturile prin fire, resoarte, perii, etc., între sistemul mobil şi partea fixă a aparatului, legături care nu pot fi înlăturate în cazul traductoarelor de tip compensat existente.

6. Robusteţea în exploatare care este asigurată datorită lipsei elementelor dereglabile şi prin construcţia traductorului.

7. Posibilitatea de semnalizare sau de acţionare a unui element de protecţie la orice defecţiuni interne ca: dispariţia tensiunilor de alimentare, dispariţia cuplului antagonist, întreruperea oscilaţiilor şi la defecţiuni exterioare ca întreruperea canalului de telecomunicaţie.

BIBLIOGRAFIE

[1] GHINZBURG, S. A.: *Traductor static magnetic de putere.* Culegerea Telemecanizarea sistemelor energetice, editura Acad. de Ştiinţe U.R.S.S., Moscova, 1954.

[2] PŞENICINIKOV, A. M.: *Traductor termoelectric de putere.* Culegerea Telemecanizarea sistemelor energetice, editura Acad. de Ştiinţe U.R.S.S., Moscova, 1954.

[3] BALASANOV, G. N.: *Traductoare statice de putere cu rezistenţe neliniare.* Culegerea Telemecanizarea sistemelor energetice, editura Acad. de Ştiinţe U.R.S.S., Moscova 1954.

[4] GHINZBURG, S. A.: *Metode de construire a traductoarelor statice de putere.* Culegerea Telemecanizarea în economia naţională, editura Acad. de Ştiinţe a U.R.S.S., Moscova. 1956.

[5] ASEEV, V. P.: *Bazele radiotehnicii.* Editura energetică de Stat, Bucureşti, 1952.

[6] HARKEVICI, A. A.: *Fenomene neliniare şi parametrice în radiotehnică.* Editura de literatură tehnico-teoretică, Moscova, 1956.

[7] DUMA, M.: *Telewattmetru electronic pentru distanţe mari.* Electrotehnica, 5 (1957) 8.

NICOLAE MARTALOGU, MIHAI MOLEA ŞI NICOLAE SCINTEIE*)

Generatori de impulsuri de nanosecunde**)

CZ 621.373.43:621.314

Generatorii de impulsuri cu durata de cîteva nanosecunde se folosesc frecvent în lucrări de fizică nucleară, atît pentru reglarea dispozitivelor electronice cu ajutorul cărora se studiază particule şi procese ultrarapide, cît şi pentru măsurarea intervalelor de timp foarte mici dintre două fenomene. Aceşti generatori trebuie să producă impulsuri cu durata de 1—20 ns şi amplitudinea de 1—20 V.

Folosind descărcarea periodică a liniilor cu parametri distribuiţi printr-o rezistenţă activă, egală cu impedanţa caracteristică a liniei, se pot obţine impulsuri cu durata determinată de viteza de comutare a liniei pe sarcină şi de parametrii liniei şi cu frecvenţa de repetiţie egală cu frecvenţa de comutare.

Vom arăta în această comunicare ce rezultate am obţinut folosind diferite comutatoare descrise în literatura de specialitate şi vom da schema unui comutator realizat de noi, care are o serie de avantaje faţă de cele cunoscute.

Principiul generării impulsurilor

Linia deschisă cu parametri distribuiţi L se încarcă printr-o rezistenţă mare R_i pînă la tensiunea V a unei surse de curent continuu (fig. 1).

Cu ajutorul comutatorului K linia se conectează pe sarcina R, prin care se descarcă. Cu acelaşi comutator se deconectează sarcina şi se reîncarcă linia. În acest fel se produc

*) Conf. N. MARTALOGU este şef de colectiv, Ing. M. MOLEA şi ing. N. SCINTEIE sînt ingineri în secţie la Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R.

**) Comunicată în ziua de 20 ianuarie 1959.

impulsuri cu frecvenţa de repetiţie egală cu frecvenţa de comutare. Notînd cu r_c rezistenţa comutatorului şi cu Z_0 impedanţa caracteristică a liniei trebuie ca :

$$R + r_c = Z_0$$

Dacă $R + r_c \neq Z_0$ şi considerăm comutatorul ca sursă de f.e.m.

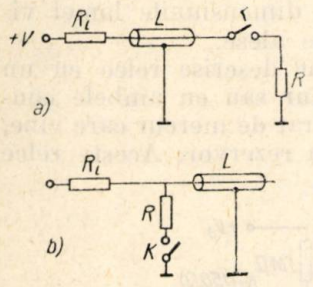


Fig. 1. Schema de principiu a generatorului.

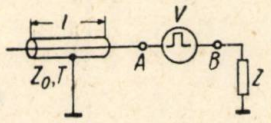


Fig. 2. Schema echivalentă de principiu.

în formă de treaptă, cu rezistenţă internă neglijabilă, se obţine schema echivalentă din fig. 2. Dacă notăm cu : l — lungimea liniei ; Z_0 — impedanţa caracteristică a liniei ; T — întîrzierea pe unitatea de lungime ; Z — impedanţa sarcinei ; Z_i — impedanţa de intrare a liniei în punctul A ; $p = j\omega$; ρ_l — coeficientul de reflexie ; avem

$$Z_i = \frac{1 + \rho_l e^{-2pTl}}{1 - \rho_l e^{-2pTl}} Z_0 \quad \text{şi} \quad \rho = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0}.$$

Dar $Z_l = \infty$, căci linia este deschisă, deci $\rho = I$. În acest caz tensiunea în punctul B va fi :

$$\overline{V}_B = \frac{Z}{Z + Z_i} \overline{V}. \qquad (1)$$

Înlocuind pe Z_i în (1) se obţine :

$$\overline{V}_B = \frac{\frac{z}{Z + Z_0}\left(1 - e^{-2pTl}\right)}{1 - \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} e^{-2pTl}} \overline{V}. \qquad (2)$$

Pentru $Z = Z_0$ expresia (2) devine :

$$V_B = (1 - e^{-2pTl}) \frac{V}{2}. \qquad (3)$$

Folosind transformarea Laplace , rezultă că tensiunea în punctul B este de formă dreptunghiulară, cu amplitudinea $\frac{V}{2}$ şi durata $2Tl$.

Pentru $\frac{Z}{Z_0} = 1 + \varepsilon$ unde $0 < \varepsilon \ll 1$, dezvoltînd în serie pe (2) şi neglijînd termenii în ε^2, se obţine :

$$\overline{V}_B = \left[1 + \frac{\varepsilon}{2} - e^{-2pTl} - \frac{\varepsilon}{2} e^{-4pTl}\right] \frac{\overline{V}}{2}. \qquad (4)$$

În acest caz, forma impulsului la ieşire este cea din fig. 3, unde s-au neglijat treptele începînd cu $t = 6Tl$.

Pînă acum am considerat că rezistenţa internă a generatorului, adică rezistenţa comutatorului, este egală cu zero. Practic, comutatorul are rezistenţă finită şi chiar variabilă în timpul comutării. Ca urmare a valorii finite a rezistenţei comutatorului, tensiunea la comutator variază în timpul comutării, t_c, de la U_c' la U_c'' (fig. 4) şi forma impulsului la ieşire nu este dreptunghiulară.

Comutatorii folosiţi în domeniul nanosecundelor se aleg după următoarele criterii :

timpul de comutare, care trebuie să fie de cel mult 2—3 ns ;

instabilitatea timpului de comutare care trebuiesă fie sub 1 ns, adică mult mai mică decît durata impulsului ;

frecvenţa de comutare, între 100 Hz şi cîteva sute de kHz ; este necesar ca frecvenţa de comutare să poată fi sincronizată din exterior ;

stabilitatea în timp a parametrilor comutatorului, adică a rezistenţei comutatorului, capacităţii parazite şi pragului de comutare.

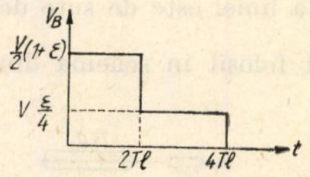


Fig. 3. Forma tensiunii V_B pentru $Z = Z_0(1 + \varepsilon)$.

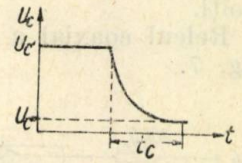


Fig. 4. Tensiunea la comutator.

Tipuri de comutatori folosiţi

Releul coaxial. Releul coaxial realizat de noi are ca model pe cel folosit de Whitby [1]. Toată construcţia este coaxială. Conductorul

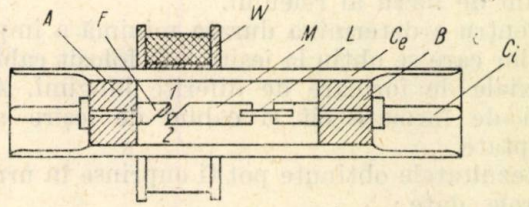


Fig. 5. Construcţia releului coaxial :
C_e — conductor exterior ; C_i — conductor interior ; W — bobină ; L — lamă vibrantă ; M — piesă mobilă ; A, B — cilindri izolanţi ; F — piesă fixă.

exterior este executat din cupru argintat şi este tăiat longitudinal pentru a înlătura efectul spirei în scurtcircuit. Conductorul interior este executat din oţel argintat pentru a înlătura pierderile la suprafaţă şi este fixat în cilindri izolanţi de trolitul A şi B. Partea mobilă a releului este concentrică cu conductorul interior şi de acelaşi diametru cu el. Elasticitatea ei

este asigurată de o lamă vibrantă executată din oţel flexibil. Contactele *1* şi *2* sînt de argint masiv şi au profilul din fig. 6.

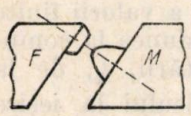


Fig. 6. Profilul contactelor releului.

Cîmpul magnetic, produs la trecerea curentului alternativ prin bobina *W*, face ca la piesele *F* şi *M* să apară poli magnetici de sens contrar. Sub influenţa forţei de atracţie, piesa mobilă *M* este atrasă de *F* şi se fac contactele *1* şi *2*.

Releul poate lucra, în funcţie de reglaj, în două regimuri:

cu contactare mecanică, pentru tensiuni de încărcare a liniei de 10—20 V;

cu amplitudine de vibraţie critică şi fără contactare mecanică; în acest ultim caz, contactul electric este asigurat de descărcarea electrică dintre contactele *1* şi *2*, atunci cînd tensiunea de încărcare a liniei este de sute de volţi.

Releul coaxial a fost folosit în schema din fig. 7.

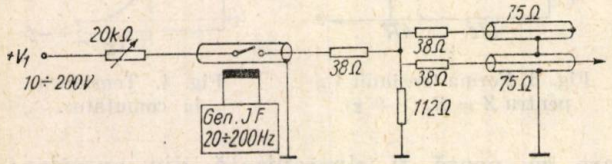


Fig. 7. Schema generatorului experimentat cu releu coaxial.

Schema este o variantă a generatorului din fig. 1. Spre deosebire de acesta, impulsul de tensiune se obţine prin variaţia curentului în sarcină dela zero la valoarea maximă. Linia scurtcircuitată serveşte la formarea impulsului obţinut pe sarcină.

Generatorul de joasă frecvenţă permite variaţia frecvenţei de la 20 la 200 Hz şi variaţia tensiunii de la 10 la 100V, pentru a găsi regimul optim de lucru al releului.

Pentru a determina durata minimă a impulsurilor care se obţin la ieşire, am folosit cabluri coaxiale de formare de diferite lungimi. Atît linia de formare cît şi cablul de ieşire sînt adaptate.

Rezultatele obţinute pot fi cuprinse în următoarele date:

Frecvenţa de repetiţie	$F = 100$ Hz
Durata impulsului la nivelul 0,5 din amplitudinea maximă	$\varepsilon = 3 - 5$ ns
Tensiunea la ieşire	$U = 0{,}5 - 10$ V

Deoarece generatorul a fost folosit la reglarea schemelor de coincidenţă, cu timpul de rezoluţie 1 ns (10^{-9} s), de mare sensibilitate, ne interesau impulsuri de amplitudine mică (0,5 —1 V). Durata impulsului a fost măsurată prin metoda autocoincidenţei întîrziate.

Dintre neajunsurile acestui tip de generatori trebuie să amintim:

frecvenţa mică de repetiţie a impulsurilor;

dificilitatea reglării;

apariţia, ca rezultat al reculului piesei mobile, a unor impulsuri parazite, atunci cînd releul nu este bine reglat şi dimensiunile lamei vibrante nu au fost bine alese.

În literatură [1] sînt descrise relee cu un contact lichid de mercur sau cu ambele contacte acoperite cu un strat de mercur care vine, prin capilare, de la un rezervor. Aceste relee

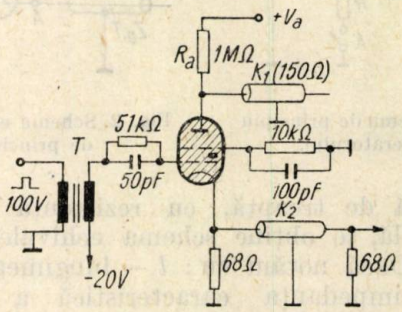


Fig. 8. Schema generatorului experimentat.

înlătură efectul de recul, în schimb construcţia lor este mai complicată, iar frecvenţa de repetiţie rămîne aceeaşi ca în cazul releului coaxial. Generatorii care folosesc descărcări electrice între doi sau trei electrozi, în aer sau gaz la presiune mare şi care dau impulsuri de cîţiva kV, nu au prezentat interes în lucrările noastre.

Comutatorul cu tiratron. Tiratronul, cu funcţie de comutator, se conectează ca în fig. 8. Schema echivalentă de comutare se dă în fig. 9. Linia *K* se încarcă prin rezistenţa mare *R* pînă la tensiunea sursei de curent continuu. La grila tiratronului se dă o negativare mare. Dacă la grilă, prin transformatorul *T*, se dă un impuls de amplitudine mare, tiratronul se aprinde, rezistenţa lui se reduce la cîţiva zeci de ohmi şi linia K_1 se descarcă prin rezistenţa internă a tiratronului şi prin linia din catod K_2. La sarcina anodică R_a, care este mult

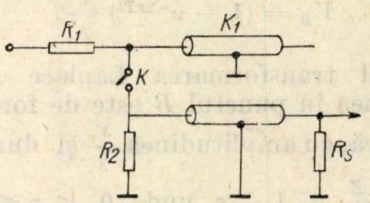


Fig. 9. Schema echivalentă a generatorului.

mai mare decît rezistenţa internă a tiratronului aprins, cade aproape toată tensiunea V_a şi tiratronul se stinge. Linia K_1 are drept sarcină rezistenţa internă a tiratronului de 35 ohmi, deci linia din anod nu este adaptată. Reflexiile care apar au amplitudine mică şi se pot neglija. Linia K_2 este adaptată la intrare,

spre catod, pentru a anula impulsurile reflectate dinspre sarcină, în cazul cînd aceasta nu asigură adaptarea.

Amplitudinea impulsului generat depinde de tensiunea anodică, de impedanţa caracteristică a liniei K_1, de rezistenţa internă a tiratronlui şi de sarcina din catod. Deoarece rezistenţa internă a tiratronului este mică, amplitudinea impulsului la ieşire nu depinde practic de tipul tiratronului.

Frontul impulsului şi prin urmare durata lui depinde de timpul de ionizare care, în cazul tiratronului 2D21 este de 300 ns [1].

Frecvenţa de repetiţie depinde de timpul de deionizare. În cazul tiratronului 2D21 pentru $R_a = 1$ MΩ se obţine $F_{max} = 500$ Hz. Instabilitatea momentului de aprindere este de aproximativ 1—2 ns la majoritatea tiratroanelor.

Folosind tiratronul 2D21, în schema din fig. 8 am obţinut următoarele rezultate :

Frecvenţa de repetiţie	400 Hz
Durata impulsului	20 ns
Amplitudinea impulsului	0,5 — 20 V

În literatură [1] se arată că dacă se iau măsuri speciale pentru stingerea tiratronului şi se alege un regim potrivit de lucru, se poate ajunge la frecvenţe de repetiţie de 10—15 kHz şi durată de impuls de 10—20 ns cu instabilitate de 1—2 ns.

Comutator cu descărcare în gaz. Structura chimică şi presiunea gazului în care se face descărcarea electrică sînt factori de care depinde în mare măsură timpul de ionizare şi timpul de deionizare.

Comutatorul folosit de noi are timpul de ionizare comparabil cu al tiratroanelor cunoscute, dar timpul de deionizare mult mai mic. Electrozii între care se face descărcarea sînt spirale de wolfram acoperit cu un strat de oxizi care reduce lucrul de ieşire al electronilor. Gazul este un amestec de vapori de apă şi hidrogen sau argon la presiunea de 10 mm Hg. Timpul mic de deionizare se datoreşte vaporilor de apă, care au un timp mic de recombinare.

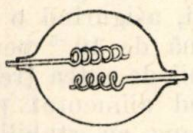


Fig. 10. Comutatorul.

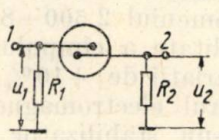


Fig. 11. Alimentarea comutatorului.

Dacă între electrodul *1* şi masă se aplică un impuls dreptunghiular U_1, atunci între electrodul *2* şi masă, pe rezistenţa R_2, va rezulta U_2 (fig. 11). Cu excepţia supracreşterii, U_2 repetă pe U_1 fără a-l deforma prea mult. Amplitudinea supracreşterii este de ordinul de mărime al amplitudinii impulsului şi are durata de aproximativ 1 ns.

Caracteristicile comutatorului folosit sînt următoarele :

Rezistenţa înainte de aprindere	foarte mare
Rezistenţa după aprindere	10 — 20 Ω
Curentul admis în impuls	50 A
Tensiunea de aprindere	200V
Căderea de tensiune pe comutator depinde de curentul de comutare	
Timpul de aprindere de aproximativ	1—5 ns
Timpul de deionizare	2—3 μs
Timpul de deionizare totală	4—5 μs

Practic se ia timpul de ionizare de 3μs, deci frecvenţa de repetiţie maximă a impulsurilor de 300—350 kHz dacă impulsurile au durata de 1—2μs deoarece ionizarea scade brusc după ce impulsul de aprindere a încetat să acţioneze, adică tensiunea între electrozii comutatorului este zero.

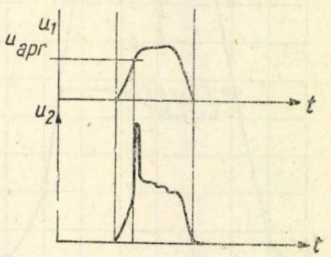


Fig. 12. Tensiunile la comutator.

Instabilitatea timpului de aprindere este sub 1 ns şi se poate reduce dacă aprinderea se face cu impulsuri de 1μs, cu frontul de 0,1μs şi amplitudinea de 1,2—1,5 din tensiunea de aprindere.

Dacă se introduce un electrod suplimentar care se ţine tot timpul la un potenţial negativ faţă de unul din electrozii principali, în intervalul de descărcare va exista tot timpul o cantitate de ioni care vor uşura descărcarea atunci cînd la comutator se va da un impuls pozitiv. Prin aceasta se reduce simţitor timpul de ionizare, în schimb se micşorează amplitudinea supracreşterii.

Schema experimentală

Schema experimentală folosită este cea din fig. 13.

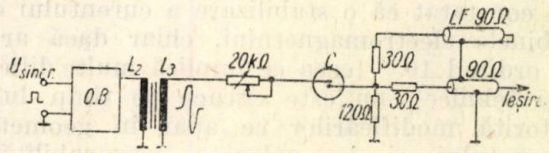


Fig. 13. Schema experimentată :
OB — oscilator blocat ; *C* — comutatorul ; *LF* — linia de formare ; L_2 — bobina secundară a oscilatorului blocat ; L_3 — bobina terţiară.

Comutatorul este montat ca în fig. 7. Ca şi la generatorul cu releu coaxial, impulsul obţinut pe sarcină este format de un cablu scurtcircuitat.

Impulsul obţinut la bobina terţiară a oscilatorului blocat are :

Amplitudinea	400 V
Durata	1 μs
Frontul	0,1 μs
Frecvenţa de repetiţie	1 — 250 kHz

Impulsul obţinut la ieşire are :

Amplitudinea	0,5 — 10 V
Durata	2,5 ns la nivelul 0,5 din amplitudinea maximă.
Frecvenţa de repetiţie	1 — 250 kHz

Durata impulsului a fost măsurată prin metoda autocoincidenţei întîrziate.

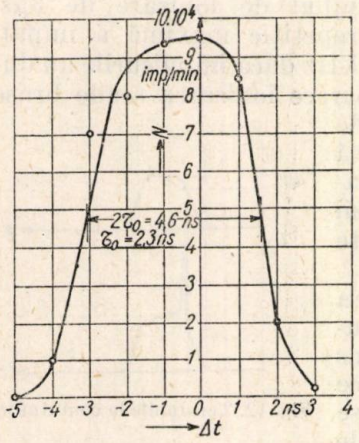


Fig. 14. Curba de autocoincidenţă întîrziată.

În fig. 14 se dă curba de autocoincidenţă întîrziată obţinută cu o schemă de rezoluţie de 1 ns. Durata impulsului este de aproximativ 0,5 din lăţimea curbei de coincidenţă la nivelul dat.

Concluzii

Dintre toţi generatorii experimentaţi, generatorul cu comutator cu gaz a dat rezultatele cele mai bune. Durata impulsului şi amplitudinea sînt comparabile cu cele obţinute folosind alţi comutatori. Frecvenţa de repetiţie este de peste 20 ori mai mare decît la generatorul cu tiratron.

Generatorul poate fi comandat cu impulsuri de la oscilatori blocaţi sincronizaţi. Polaritatea impulsurilor poate fi atît pozitivă cît şi negativă. Impulsurile obţinute cu generatorul cu comutator cu gaz se pot folosi la reglarea dispozitivelor de măsură a intervalelor mici de timp, la declanşatorii rapizi etc.

Mulţumim tov. ing. Ţintă Florin pentru discuţiile utile avute cu D-sa şi tov. ing. Dumitrescu Radu, care, cu aparatura construită de D-sa, ne-a măsurat durata impulsurilor obţinute cu generatorii descrişi mai sus.

BIBLIOGRAFIE

[1] Lewis, I. A. D. şi Wells, F. H.: *Millimicrosecond pulse techniques*. London 1954.
[2] Glebovici, G. V., Morughin, L. A.: *Formirovanie impulsov nanosecundnoi dlitelnosti*. Sov. radio 1958.
[3] Sivers, A.P.: *Radio locaţionnie priomnichi*. Moscova 1952.
[4] Moody, N. F., Mc. Lusky, G. J. R., Deigton, M. O.: *Millimicrosecond pulse technique*. Electronic eng. 24, 214 (1952.)
[5] Garwin, R.L.: *A pulse generator for the millimicrosecond range*. Rev. sc. instr. 21, (1952) 903.
[6] Woodford, J. B., Williams, E. M.: *The initial conduction interval in high-speed tiratrons*. Journ. appl. phys. 23, (1952) 722.

Mina Drăghicescu şi Iancu Pascaru*)

Stabilizator de cîmp magnetic bazat pe rezonanţa magnetică nucleară

CZ 621.316.73 :538.569.4 :539.154.3

Din practica spectrografelor de rezonanţă magnetică nucleară cu putere mare de rezoluţie, s-a constatat că o stabilizare a curentului din bobinele electromagnetului, chiar dacă ar fi de ordinul 10^{-6} (ceea ce implică multe dificultăţi tehnice), nu este eficace pe timp lung, datorită modificărilor ce apar în geometria magnetului şi în valoarea permeabilităţii, atunci cînd variază temperatura mediului înconjurător, cît şi datorită altor cauze exterioare. De aceea este necesar să se recurgă la o stabilizare a cîmpului magnetic, prin luarea informaţiilor direct din cîmp. Cea mai accesibilă metodă ni s-a părut cea care se bazează tot pe fenomenul de rezonanţă magnetică nucleară.

Rezultatele care s-au obţinut cu această metodă acoperă condiţiile impuse de noi. Aparatul construit stabilizează cîmpuri magnetice în domeniul 2 500 — 8 250 gauşi, asigurînd o stabilitate a cîmpului mai bună de 10^{-5} pentru variaţii de +10% a tensiunii de reţea (redresorul electromagnetului fiind alimentat printr-un stabilizator de tensiune cu stabilizare $5 \cdot 10^{-3}$). Ţinînd seamă că uniformitatea spaţială a cîmpului din întrefierul electromagnetului nostru, nu este mai bună de 10^{-5} în volumul probei, stabilitatea atinsă a cîmpului este suficientă.

Deşi stabilizatorul a fost construit pentru electromagnetul folosit într-un spectrograf de rezonanţă magnetică, nucleară, el poate fi folosit oriunde este nevoie de stabilizat un cîmp magnetic omogen.

*) Ing. M. Drăghicescu şi Ing. I. Pascaru sînt ingineri la Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R.

Principii de bază

După cum se ştie [1], [2], nucleele atomice sînt caracterizate printr-un moment propriu al cantităţii de mişcare, de valoare absolută $\sqrt{I(I+1)}\ \hbar$ şi printr-un moment magnetic propriu $\mu_I = \gamma_I \sqrt{I(I+1)}\ \hbar$. În această relaţie $\hbar = h/2\pi$, unde $h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}$ erg · s este constanta lui Planck, iar I şi γ_I sînt constante pentru fiecare specie de nucleu: I—spinul nucleului — este unul din numerele seriei $1/2, 1, 3/2, 2 \ldots\ldots$ iar $\gamma_I = g_I \frac{e}{2\mu_p}$ este raportul giromagnetic unde g_I este o constantă a nucleului pozitivă sau negativă, cel mult egală, în valoare absolută, cu 2,97864 pentru tritiu, M_p — masa protonului, etc.).

Un nucleu pus într-un cîmp magnetic exterior H_0 se va comporta ca un titirez greu, adică va precesiona în jurul direcţiei cîmpului, cu o viteză unghiulară egală cu frecvenţa Larmor $\overline{\omega_0} = -\gamma_I \overline{H_0}$. Spre deosebire de un giroscop macroscopic, momentul său magnetic se va orienta în una din cele $(2I+1)$ poziţii distincte caracterizate prin următoarele valori ale proecţiilor momentului pe direcţia cîmpului $\mu_{IH} = m_H \hbar$ unde $m_H = I, I-1, \ldots, -I+1, -I$.

Fiecăruia din aceste orientări îi corespunde o valoare a energiei de interacţiune magnetică între cîmp şi momentul nuclear. Nucleul poate ocupa deci numai unul din nivelele acestui şir discret. Nivelele sînt echidistante, intervalul între ele fiind $\gamma \hbar H_0$.

Dacă o probă cu un ansamblu de nuclee este pusă într-un cîmp magnetic constant, repartiţia la echilibru a nucleelor pe nivelele de energie nu este uniformă : nivelele inferioare, care corespund orientărilor cu unghi mai mic faţă de direcţia cîmpului, sînt mai populate decît nivele superioare. Aşa se explică apariţia unei magnetizări nucleare globale (suma momentelor nucleare din probă), paralelă cu cîmpul (paramagnetism nuclear).

Trecerile nucleelor de pe un nivel energetic pe altul sînt posibile dacă se face schimb de energie cu un cîmp electromagnetic exterior, de frecvenţă potrivită. Întrucît conform unei reguli de selecţie, tranziţiile pot avea loc numai între nivele vecine, între care diferenţa de energie este $\gamma_1 \hbar H_0$ frecvenţa necesară a cîmpului de înaltă frecvenţă este egală cu frecvenţa Larmor, $\omega = \omega_0 = \gamma_I H_0$. Acest cîmp provoacă, cu egală probabilitate, tranziţii „jos-sus" (de pe nivele inferioare pe nivele superioare) şi tranziţii „sus-jos". Cum însă nivelele inferioare sînt mai populate, tranziţiile „jos-sus" sînt mai numeroase şi rezultă aşa dar o absorbţie globală de energie din cîmpul de radiofrecvenţă, în momentul cînd frecvenţa cîmpului corespunde frecvenţei Larmor. Această absorbţie de energie corespunde unei variaţii a amplitudinii tensiunii de radiofrecvenţă, care detectată şi amplificată dă semnalul de rezonanţă magnetică nucleară.

În general se lucrează pe semnalul de absorbţie al protonului întrucît protonul are, după

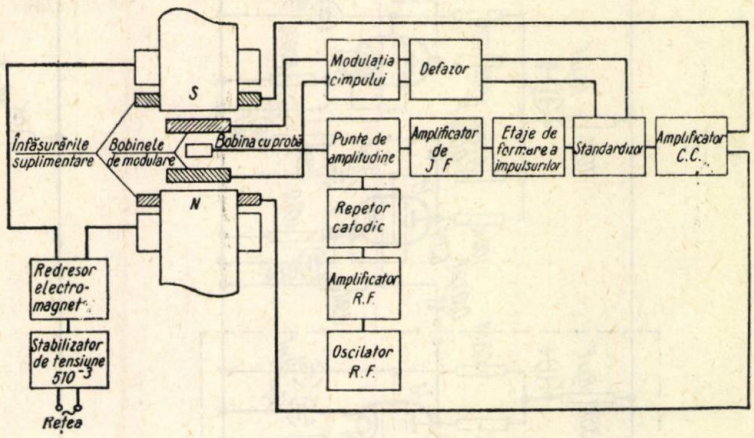


Fig. 1. Schema bloc a stabilizatorului bazat pe rezonanţă magnetică nucleară.

nucleul de tritiu, momentul magnetic, deci şi semnalul de r.m.n., cel mai mare. În acest scop se lucrează cu o probă conţinînd apă distilată, în care se dizolvă nitrat feric (soluţie centinormală). Ionii paramagnetici care se formează, măresc interacţiunea dintre spinii nucleari şi restul probei (interacţiune spin-reţea), iar prin aceasta grăbesc stabilirea magnetizării nucleare (micşorează timpul de relaxare spin — reţea)

Descrierea aparatului

Schema bloc a stabilizatorului de cîmp magnetic este dată în fig. 1, iar schema de principiu în fig. 2.

Tensiunea de radiofrecvenţă dată de oscilator este amplificată şi aplicată la puntea de amplitudine. Bobina din circuitul acordat al punţii se găseşte în cîmpul magnetic ce urmează a fi stabilizat, fiind înfăşurată pe o fiolă care conţine 0,5 cm³ soluţie centinormală de nitrat feric. Frecvenţa oscilatorului se reglează astfel ca să fie satisfăcută condiţia Larmor :

$$\omega_0 = \gamma_I H_0$$

H_0 fiind valoarea cîmpului magnetic ce urmează a fi stabilizat.

Deoarece peste cîmpul magnetic H_0 se suprapune un cîmp magnetic alternativ $H_1 \cos \omega t$, de cîţiva gauşi şi de frecvenţă 50 Hz, la bornele punţii se obţine de 100 ori pe secundă semnal

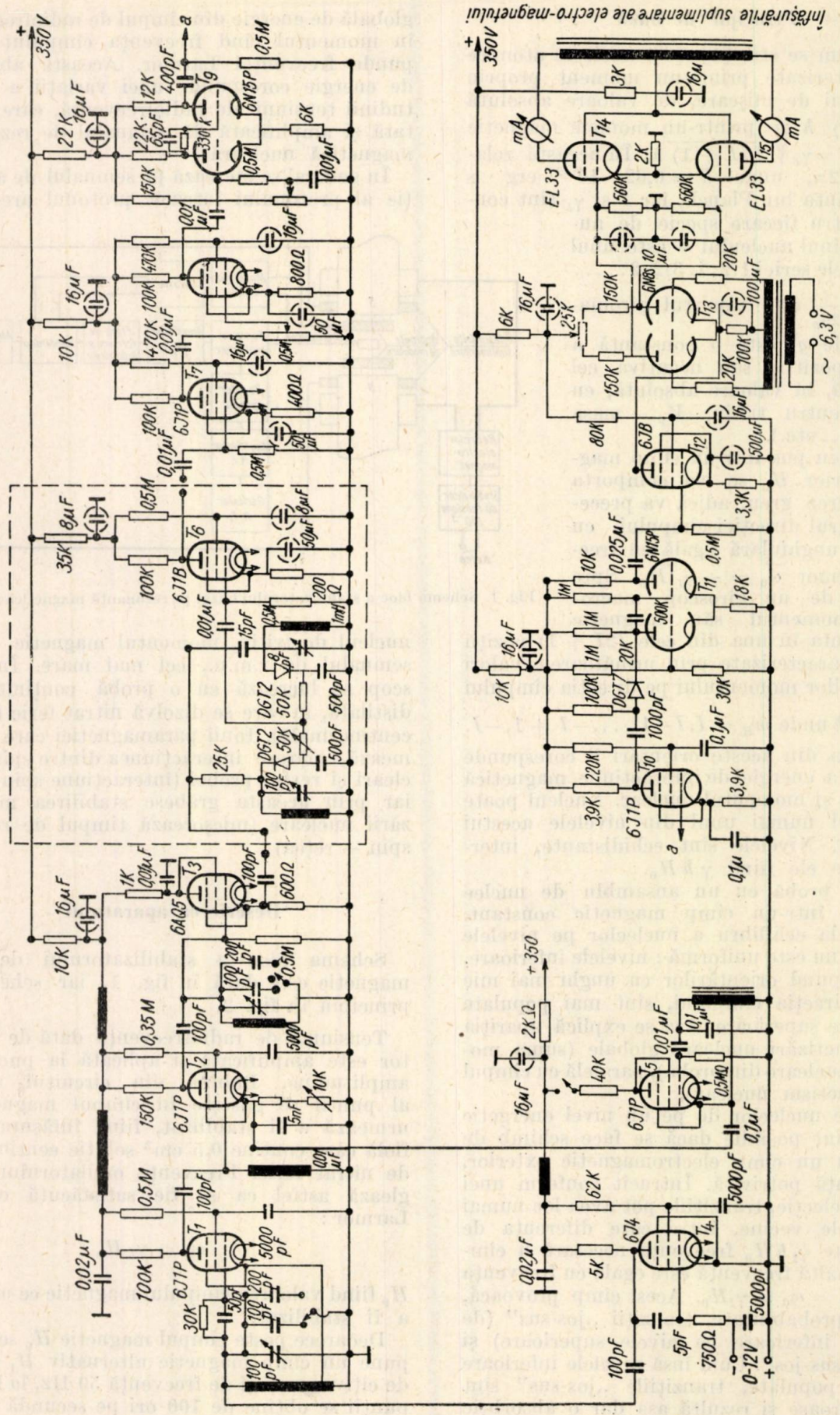


Fig. 2. Schema de detaliu a stabilizatorului bazat pe rezonanţă magnetică nucleară.

de rezonanţă nucleară, condiţia Larmor fiind satisfăcută dacă

$$\gamma_I = (H + H_m \cos \omega t) = \omega_0$$

Pentru $H = H_0$ (valoarea nominală pe care se stabilizează cîmpul) semnalele obţinute sînt echidistante, după cum reise şi din relaţia de mai sus (curba cîmpului alternativ taie axa de cîmp egal cu H_0, pentru cos $\omega t = 0$, deci $\omega t = 0, \pi, 2\pi$, etc)

O deviaţie a cîmpului de la această valoare este echivalentă cu o deplasare a axei cîmpului de modulaţie, faţă de situaţia iniţială. În acest caz, frecvenţa ω_0 rămînînd constantă, condiţia Larmor de mai sus va face ca semnele obţinute să nu mai fie echidistante şi, ca urmare, poziţia lor va fi o indicaţie precisă a deviaţiei cîmpului de la valoarea nominală.

Prin intermediul unui detector sensibil la fază (a cărui descriere se dă mai jos) variaţiile de poziţie ale semnalului de rezonanţă sînt transformate în variaţii de tensiune. Acestea sînt apoi amplificate într-un amplificator de curent continu de putere, care are drept sarcină două bobine suplimentare ale electromagnetului. Pentru cîmpul nominal, curenţii în cele două bobine sînt egali şi de sens contrar.

Pentru îmbunătăţirea raportului semnal/zgomot, semnalele de rezonanţă magnetică nucleară sînt transformate în pulsuri normate, înainte de a fi aplicate pe detectorul sensibil la fază.

Puntea de amplitudine. Principiul acestei punţi este de a compara, într-o punte de joasă frecvenţă, două tensiuni de înaltă frecvenţă detectate. Una din aceste tensiuni este o tensiune de referinţă, constantă şi se ia de la bornele unui condensator, iar cealaltă tensiune se ia de la bornele circuitului acordat, a cărui bobină conţine proba, fiind modulată cu semnalul de r.m.n. Cele două tensiuni provin de la acelaş oscilator de înaltă frecvenţă. Avantajul principal al acestei punţi, după cum au arătat şi autorii ei [3], este insensibilitatea la microfonie, echilibrarea făcîndu-se în joasă frecvenţă; de asemenea, ea este simplă ca execuţie şi echilibrare, avînd însă un raport semnal/zgomot mai scăzut ca în celelalte montaje de detectare a semnalului de rezonanţă nucleară. În cazul nostru acest dezavantaj nu este supărător, deoarece, pe deoparte, se lucrează cu protoni, deci cu semnale relativ mari, iar pe de altă parte acest raport este îmbunătăţit mai departe prin formarea unor pulsuri normate, derivate din semnalele de rezonanţă magnetică nucleară.

Pentru a lucra în condiţii optime, tensiunea de înaltă frecvenţă pe bobina în care se află proba trebuie să fie de 0,5—1 V.

Generatorul de înaltă frecvenţă. Gradul de stabilizare a cîmpului magnetic, în cazul folosirii acestei metode, este determinat în primul rînd de stabilitatea oscilatorului de înaltă frecvenţă.

Stabilizatorul construit de noi poate fi folosit atît cu un generator de I.F. exterior cît şi cu un oscilator propriu.

Pentru a asigura domeniul propus de stabilizare, generatorul de înaltă frecvenţă trebuie să asigure o gamă de frecvenţe între 11 şi 35 MHz.

Generatorul de înaltă frecvenţă local se compune dintr-un oscilator de bandă largă, T_1 un amplificator de înaltă frecvenţă T_2 şi un repetor catodic T_3 cu ieşire pe cablu coaxial.

Pentru a putea ridica curbe de rezonanţă magnetică nucleară este necesar ca cîmpul să poată fi variat liniar, cu cîţiva gauşi, în jurul unei valori date; acest domeniu este bine să fie cît mai mare pentru a putea prinde uşor domeniul de rezonanţă. Pentru satisfacerea acestei necesităţi, în paralel cu circuitul acordat al oscilatorului este montat un tub de reactanţă, T_4 a cărui negativare poate fi variată din afară, iar variaţia obţinută a frecvenţei este liniară pentru negativări cuprinse între 2 şi 5 V.

Pentru a putea controla echilibrarea punţii de amplitudine, generatorul de înaltă frecvenţă poate fi modulat cu o tensiune de 1 000 Hz, dată de un oscilator local, T_5.

Lanţul de joasă frecvenţă. Semnalul de rezonanţă magnetică nucleară este amplificat, la ieşirea din puntea de amplitudine, de un amplificator de joasă frecvenţă, compus din trei etaje, T_6, T_7, T_8 cu o amplificare totală de 10^6.

Aşa cum am arătat mai sus, pntru a îmbunătăţi raportul semnal/zgomot, necesar pentru ca detectorul sensibil la fază să lucreze în condiţii optime, se transformă semnalele de rezonanţă magnetică nucleară în semnale dreptunghiulare standard. Pentru a realiza aceasta semnalul acţionează un discriminator de amplitudine T_9, la ieşirea căruia se obţin semnale dreptunghiulare, care sînt diferenţiate, amplificate (T_{10}) şi aplicate pe un etaj monostabil, T_{11} după care se obţin pulsuri de amplitudine 10V şi durată 0,4 milisecunde.

Detectorul sensibil la fază şi amplificatorul de curent continuu. Detectorul de fază folosit în acest montaj este de tipul celui descris de SCHUSTER [4].

Schema principială a detectorului este dată în fig. 3. Două triode T_{13} primesc pe grilă tensiuni sinusoidale „de referinţă" în antifază una faţă de cealaltă, de frecvenţă egală cu frecvenţa de modulaţie şi în fază cu ea. Această tensiune face ca cele două triode să fie pe rînd deschise, respectiv blocate. În serie cu această dublă triodă este o pentodă, T_{12} pe a cărei grile se aplică semnalul. După cum s-a arătat, aceste semnale variază ca poziţie, cînd cîmpul H variază. Cînd cîmpul H este egal cu valoarea

nominală, H_0, curenţii celor două triode sînt egali şi pe plăcile triodelor vor fi tensiuni continue egale. La ieşirea detectorului sensibil

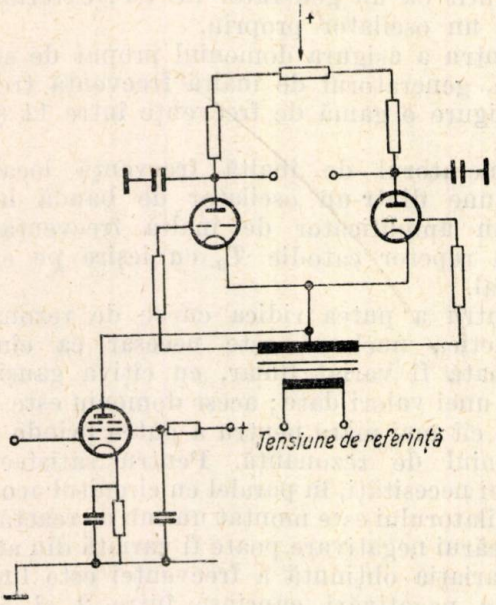


Fig. 3. Schema principială a detectorului sensibil la fază.

la fază tensiunea va fi zero. Cînd semnalul de r.m.n. variază ca poziţie pulsurile nu vor mai trece în mod egal prin cele două triode, ci vor încărca un tub mai mult decît pe celălalt. Tensiunile continuie de pe plăcile triodelor vor varia şi, în consecinţă, va apare o tensiune la ieşire. În fig. 4 sînt ilustrate cele de mai sus. Tensiunea maximă la ieşire care se poate obţine cînd poziţia impulsurilor variază, este de 30 V.

Tensiunile continuie care rezultă de pe plăcile triodelor detectorului sensibil la fază sînt aplicate pe grilele unui amplificator de curent continuu diferiţiel T_{14}, T_{15}, care are drept sarcină bobinele suplimentare 2 „de stabilizare" ale electromagnetului. În timpul acesta variaţia cîmpului se transformă în variaţii de curent, respectiv de amperi-spire, care caută să corecteze variaţia de cîmp, închizînd astfel bucla de stabilizare. Variaţia de curent care se obţine este de $\pm$ 20 mA, ceea ce dă un cîmp de compensare de $\pm$100 gauşi.

Aparatul este realizat din două părţi: un „cap", conţinînd puntea de amplitudine şi un etaj de amplificare în joasă frecvenţă şi aparatul propriu zis, cu restul etajelor. Bobina circuitului acordat, care trebuie să se găsească în cîmpul magnetic, este legată de punte printr-o linie coaxială. Aparatul propriu zis cuprinde generatorul de înaltă frecvenţă, lanţul de joasă frecvenţă şi detectorul sensibil la fază, cu amplificatorul de curent continuu. „Capul" este legat la aparat prin două cabluri coaxiale.

Performanţe

Pentru a stabili performanţele stabilizatorului am făcut următoarele măsurători.

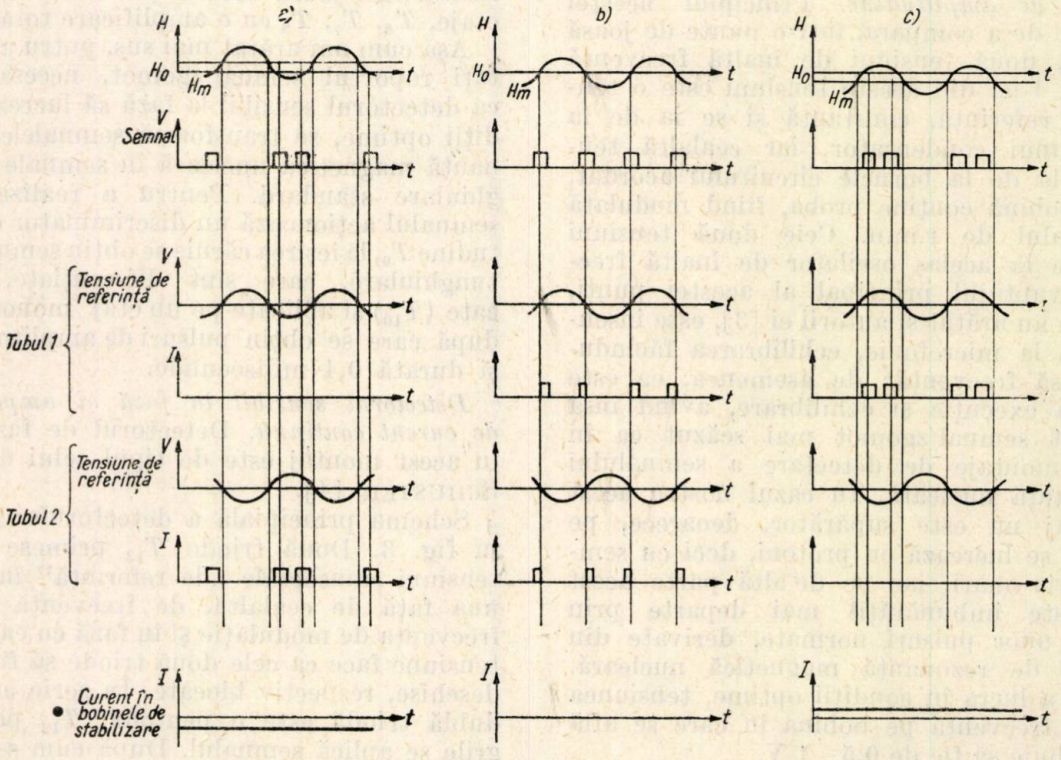


Fig. 4. Principiul de funcţionare al stabilizatorului:
a – cîmpul stabilizat H mai mare decît valoarea nominală H_0; *b* – cîmpul stabilizat H egal cu valoarea nominală H_0; *c* – cîmpul stabilizat H mai mic decît valoarea nominală H_0.

Ne-am plasat cu spectrograful de rezonanţă magnetică nucleară pe curba de absorbţie a fluorului în acid fluorhidric; se lucrează cu detector sensibil la fază şi instrument înregistrator astfel că se obţine derivata curbei de rezonanţă. S-a măsurat lăţimea liniei de rezonanţă (considerată între punctele de pantă maximă) făcîndu-se astfel o etalonare în gauşi a hîrtiei înregistratorului (fig. 5). Ne-am plasat

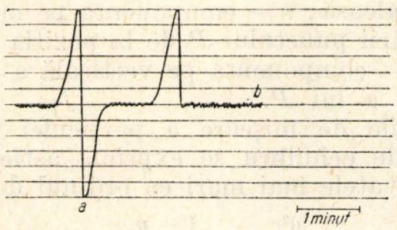


Fig. 5 Metoda folosită pentru determinarea performanţelor stabilizatorului de cîmp :

a – derivata curbei de absorbţie (din lăţimea liniei considerată între punctele de pantă proximă s-a etalonat în gauşi hîrtia); *b* – variaţia timpului se traduce prin deplasarea pe curbă.

apoi în punctul de pantă maximă al derivatei curbei de absorbţie a florului. Orice variaţie a cîmpului se traduce printr-o deplasare pe curba înscrisă de înregistrator. În fig. 6 sînt date rezultatele obţinute, exprimate prin variaţia relativă a cîmpului în funcţie de variaţia relativă a curentului. Se vede că stabilitatea statică este mai bună de 10^{-6}, pentru o variaţie a curentului mai mic de $8 \cdot 10^{-3}$. Deoarece transmisiunea cu care este alimentat electromagnetul este stabilizată cu un factor $5 \cdot 10^{-3}$, rezultă că la variaţii ale reţelei de 10%, ceeace corespunde unei variaţii a curentului din electromagnet de $\pm 5 \cdot 10^{-4}$, rezultă o variaţie a cîmpului magnetic mai mică de 10^{-6}.

Din literatura pe care am consultat-o [5], [6], [7], performanţe similare pentru stabilizări cu rezonanţa magnetică nucleară s-au obţinut numai cu stabilizări mai mari de curent, $10^{-4}...10^{-6}$.

Eventualele variaţii fortuite ale frecvenţei oscilatorului provoacă corespunzător variaţii ale cîmpului magnetic. Oscilatorul propriu al stabilizatorului prezintă o stabilitate de frecvenţă suficientă pentru ca timp de 15 minute (timpul maxim, în cazul nostru, de ridicare a unui spectru) să nu afecteze performanţele de stabilitate ale stabilizatorului.

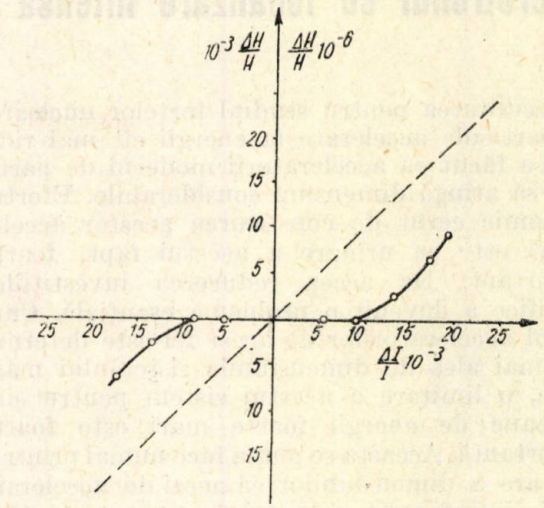


Fig. 6. Variaţia relativă a cîmpului faţă de variaţia relativă a curentului; linie plină – cu stabilizare; linie punctată – fără stabilizare.

Pentru scopuri speciale (stabilizarea cîmpurilor pe durată mare de timp) s-a prevăzut posibilitatea folosirii unui oscilator exterior, de mare stabilitate.

Sgomotul propriu al stabilizatorului este mai mic de 20 miligauşi.

Acest stabilizator de cîmp este în funcţiune de un an şi prezintă siguranţă în exploatare.

BIBLIOGRAFIE

[1] BLOCH, F.: Phys. rev. 70 (1946), 7 – 8 (octombrie.), 460–474.
[2] ANDREW, E.R. : Nuclear magnetic resonance, London 1955.
[3] THOMAS, H. A. şi HUNTOON, R. D.; Rev. sci. instr. 20 (1949), 7, iulie, 516–517.
[4] SCHUSTER, N. A.: Rev. sci. instr. 22 (1951), 4, aprilie, 254–258.
[5] PACKARD M.E.,: Rev. Sci. Instr. 19 (1948), 7, iulie, 435–439.
[6] GRAY, D. A.: Harwell 1956, AERE GP/R 1967, 15 pp.
[7] EGOROV, J.S. LATÎŞEV, G.D.: Priborî i tehn. exper. 1 (1956), 2, 80 – 85.
[8] PASCARU, I., DRĂGHICESCU, M. :*Studii şi cercetări în fizică* 1959 (sub tipar).

ALEXANDRU MIHĂILĂ*)

Sincrotronul cu focalizare intensă

CZ 321.384.612

Necesitatea pentru studiul forţelor nucleare, de particule accelerate la energii cît mai ridicate, a făcut ca acceleratorii moderni de particule să atingă dimensiuni considerabile. Efortul economic cerut de construirea acestor acceleratori este, ca urmare a acestui fapt, foarte important. De aceea reducerea investiţiilor specifice a devenit o problemă esenţială. Cum costul acceleratorilor de acest fel este determinat mai ales de dimensiunile sistemului magnetic, o limitare a acestui sistem pentru sincrotoane de energii foarte mari este foarte importantă. Aceasta se putea face numai printr-o limitare a dimensiunilor camerei de accelerare (deci interfierul circuitului magnetic), fără ca această limitare să afecteze intensitatea fasciculului de particule ce se accelerează. Acest lucru s-a realizat prin descoperirea în 1952 a principiului focalizării intense de către LIVINGSTON, COURANT şi SNYDER [1]. Dispunerea alternantă de secţiuni magnetice, formînd lentile magnetice convergente şi divergente de egală putere dă un efect total, convergent. Focalizarea intensă rezultă ca o alternanţă largă, pozitivă şi negativă a lui n în sectoare succesive ale cîmpului magnetic, n fiind dat de relaţia:

$$n = -\left(\frac{r}{B}\right)\left(\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}r}\right). \qquad (1)$$

Focalizarea intensă are ca efect o reducere substanţială a amplitudinii oscilaţiilor radiale şi axiale, ceea ce permite să se micşoreze dimensiunile camerei de vid a acceleratorului şi în mod corespunzător dimensiunile circuitului magnetic, pentru o energie dată a particulelor accelerate.

Stabilitatea la oscilaţiile betatronice

Oscilaţiile betatronice reprezentînd devierea de la traiectoria de echilibru a particulelor ce se accelerează, provin din erorile unghiulare şi de energie la injecţia fasciculului de ioni, ciocnirilor cu gazul rezidual, neregularităţilor din cîmpul magnetic şi a erorilor de frecvenţă la tensiunea acceleratoare.

Presupunem că circuitul magnetic constă din N sectoare avînd pentru n valorile n_1 şi n_2 în sectoare alternante, unde $n_1 = n_2$. Sectoarele sînt de lungime egală cu l [3], [4]. Vom caracteriza poziţia unui punct P faţă de orbita de echilibru alegînd un sistem de coordonate curbilinii în care avem: x — distanţa pe orbita de echilibru a punctului P faţă de o origine arbitrar aleasă; r — componenta pe orizontală a deplasării punctului P de la poziţia de echilibru; z — componenta pe verticală a aceleiaşi deplasări a lui P.

Ecuaţiile de mişcare a particulei în jurul poziţiei de echilibru se exprimă astfel, neglijînd derivatele mai mari ca ordinul doi:

$$\frac{\mathrm{d}^2 r}{\mathrm{d}x^2} = -\frac{1-n}{\rho\,(x)}\,r \qquad (2,a)$$

$$\frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}x^2} = -\frac{n}{\rho\,(x)}\,Z \qquad (2,b)$$

unde

$\rho\,(x) = \dfrac{p\,c}{e\,B_z(x,0,0)}$ reprezintă raza de curbură a orbitei de echilibru, iar

$$n = n(x) = -\frac{\rho\,(x)}{B_z\,(x,0,0)}\left.\frac{\partial B_z(x,0,0)}{\partial r}\right|_{r=0} = -\frac{\rho^2 e}{pc}\frac{\partial B_z}{\partial r}$$

reprezintă gradientul cîmpului magnetic funcţie de x. Deoarece orbita de echilibru în cazul sincrotronului este închisă, atunci cantităţile $n(x)$ şi $g(x)$ sînt funcţii periodice şi ecuaţiile (2, a) şi (2, b) sînt de forma:

$$\frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}x^2} = -k\,(x)\,y \qquad (3)$$

unde y reprezintă deplasarea pe orizontală sau pe verticală a punctului P faţă de poziţia de echilibru iar $k(x)$ satisface următoarea relaţie:

$$K\,(x + L) = K(x)$$

unde L reprezintă lungimea orbitei de echilibru.

În cazul sincrotronului cu gradient alternant format din N sectoare, $K(x)$ va avea perioada $\frac{L}{N}$ şi deci va satisface relaţia:

$$K\left(x + \frac{L}{N}\right) = K\,(x).$$

Soluţia unei ecuaţii diferenţiale de forma (3), în care K este funcţie periodică, este unic determinată prin condiţiile iniţiale ale lui y şi a derivatei sale y', de următorul sistem:

$$\begin{aligned} y &= a y\,(x_0) + b y'\,(x_0) \\ y' &= c y\,(x_0) + d y'\,(x_0) \end{aligned} \qquad (4)$$

În notaţie matricială (4) poate fi scris:

$$y\,(x) = \left\| \begin{matrix} y\,(x) \\ y'\,(x) \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} a\ b \\ c\ d \end{matrix} \right\| \cdot \left\| \begin{matrix} y\,(x_0) \\ y'\,(x_0) \end{matrix} \right\| \qquad (4,a)$$

*) Ing. AL. MIHĂILĂ este inginer în secţie la Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R.

sau $$y(x) = M(x/x_0)\ y(x_0).$$

Avantajul notației matriciale în acest caz constă în faptul că matricea, care caracterizează mișcarea particulei pe un interval ce poate fi divizat în subintervale, se poate exprima ușor printr-un produs al matricelor pe intervale, regula de înmulțire a matricelor fiind foarte simplă.

Deoarece ecuația (3) nu conține derivata de ordinul întîi atunci determinantul matricei $M(x/x_0)$ trebuie să fie egal cu 1 deci :

$$\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = 1$$

Pentru cazul ecuațiilor (2,*a*), (2,*b*) matricea $M(x/x_0)$ poate fi scrisă

$$M(x/x_0) = \left\| \begin{matrix} \cos\varphi & K^{-\frac{1}{2}}\sin\varphi \\ -K^{-\frac{1}{2}}\sin\varphi & \cos\varphi \end{matrix} \right\| \quad (5)$$

unde K este o constantă pozitivă iar

$$\varphi = K^{-\frac{1}{2}}(x - x_0).$$

Se vede ușor din (5) că determinantul matricei $M(x/x_0)$ este egal cu unitatea. Pentru $K < 0$ matricea poate fi scrisă mai convenabil astfel :

$$M(x/x_0) = \left\| \begin{matrix} \cos\psi & (-K)^{-\frac{1}{2}}\sin\psi \\ -(-K)^{\frac{1}{2}}\sin\psi & \cos\psi \end{matrix} \right\| \quad (6)$$

unde $\psi = (-K)^{\frac{1}{2}}(x - x_0)$, iar pentru un interval de lungime l unde $K = 0$ matricea de mai sus este de forma :

$$M = \left\| \begin{matrix} 1 & l \\ 0 & 1 \end{matrix} \right\|. \quad (7)$$

Matricele (5), (6), (7) caracterizează situația din sincrotronul cu focalizare intensă ; matricele (5), (6) reprezentînd situația unei perechi de sectoare magnetice, iar matricea (7) reprezentînd o porțiune liniară din orbita de echilibru fără cîmp magnetic. Deci matricea generală a soluției ecuațiilor (2, *a*), (2, *b*) este un produs de matrice (5), (6), (7). Mișcarea particulei va fi stabilă dacă ecuația

$$\begin{vmatrix} a-\lambda & b \\ c & d-\lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (8)$$

nu are decît soluții imaginare [3]. Ecuația (8) se mai poate scrie :

$$\lambda^2 - (a + d)\lambda + 1 = 0 \quad (8,a)$$

Notînd : $$\cos\mu = \frac{1}{2}(a + d)$$

cele două soluții ale ecuației (8,*a*) se vor scrie :

$$\lambda = \cos\mu \pm i\sin\mu = e^{\pm i\mu}$$

cantitatea va fi reală dacă $|a + d| < 2$ și imaginară dacă $|a + d| > 2$. Deci condiția ca mișcarea să fie stabilă este :

$$|a + d| < 2 \quad (9)$$

În sincrotronul cu focalizare intensă avem următoarea situație constructivă :

$$\rho = R = \text{constant}$$

$$n = n_1 \text{ pentru } 0 < x < \frac{\pi R}{N}$$

$$n = -n_2 \text{ pentru } \frac{\pi R}{N} < x < \frac{2\mu R}{N}.$$

Iar matricea caracteristică fiind un produs de matrice de forma (5), (6), (7) condiția (9) se scrie :

$-1 < \cos\mu_r < 1$ (10,*a*) pentru oscilții radiale

$-1 < \cos\mu_z < 1$ (10,*b*) pentru oscilații axiale

unde :

$$\cos\mu_r = \cos\varphi_r\cos\psi_r - \frac{2 - n_1 - n_2}{[(n_2+1)(n_1-1)]^{1/2}}\sin\varphi_r\sin\psi_r$$

$$\varphi_r = \pi(n_2 + 1)^{1/2}/N \text{ și } \psi_r = \pi(n_1 - 1)^{1/2}/N$$

și

$$\cos\mu_z = \cos\varphi_z\cos\psi_z - \frac{n_1 - n_2}{2(n_1 n_2)^{1/2}}\sin\varphi_z\sin\psi_z$$

$$\varphi_z = \frac{\pi n_1^{1/2}}{N} \quad \text{și} \quad \psi_z = \frac{\pi n_2^{1/2}}{N}.$$

Frecvența și amplitudinea oscilațiilor betratonice

Soluția generală a ecuației (4) este

$$y(x) = a\ \beta^{1/2}\cos[\nu\Phi(x) + \delta] \quad (11)$$

a și δ fiind constante arbitrare, iar β fiind dată de relația :

$$b = \beta\sin\mu$$

b fiind elementul cu aceeași notație a matricei de la (4, *a*) ; ν — frecvența oscilațiilor betatronice adică numărul de oscilații pe o perioadă magnetică. Frecvența e dată de relația :

$$\nu = \frac{N\mu}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\int_x^{x+1}\frac{dx}{\beta} \quad (12)$$

iar

$$\Phi(x) = \int_x^{x+1}\frac{dx}{\nu\beta}.$$

Valoarea lui ν se poate obține ținînd seama de relația (12) știind că integrala din partea a doua a relației este convergentă, sau mai simplu ținînd seama de prima parte a relației (12)

şi dezvoltînd pe μ_z în serie de puteri ale lui n_1 şi n_2 şi neglijînd termenii mai mari de ordinul doi. Cu a doua metodă se determină ν astfel:

$$\nu = \frac{n_1 - n_2}{2} + \frac{\pi^2}{48}\frac{n_1 + n_2}{N^2}. \qquad (13)$$

Mărimea care caractrizează amplitudinea oscilaţiilor betatronice este $\beta^{1/2}$. Deoarece prin definiţie $\beta = \beta(x)$ rezultă că $y(x)$ reprezintă nişte oscilaţii cuasiarmonice [4].

Influenţa neregularităţilor cîmpului magnetic asupra mişcării particulei

Datorită imperfecţiunilor cîmpului magnetic ecuaţia de mişcare a particulei se scrie sub forma:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + K(x)\,y = F(x) \qquad (14)$$

unde $F(x)$ reprezintă o mărime a deviaţiei cîmpului magnetic de la valoarea ideală în dreptul traiectoriei de echilibru

$$F(x) = \frac{B}{B_p}$$

unde $\Delta B = B_r$ în cazul oscilaţiilor radiale şi $\Delta B = B_z B_0$ în cazul oscilaţiilor verticale, toate valorile fiind măsurate pe orbita ideală, iar B_p o mărime numită „rigiditate magnetică" a particulei [4].

Introducînd o nouă variabilă $\eta = \beta^{-1/2}\,y$ şi avînd $\Phi = \int \frac{dx}{\nu\beta}$ ecuaţia (14) capătă după mai multe transformări expresia:

$$\frac{d^2\eta}{d\Phi^2} + \nu^2\,\eta = \nu^2\,\beta^{3/2}\,F(x) \qquad (15)$$

care are următoarea soluţie periodică:

$$\eta = \sum \frac{\nu^2 f_k}{\nu^2 - k^2} e^{ik\Phi} \qquad (16)$$

unde

$$f_k = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(\Phi)\, e^{-ik\Phi}\, d\Phi$$

iar

$$f(\Phi) = \beta^{3/2} F(x)$$

Stabilitatea de fază

Existenţa unui gradient radial important a cîmpului magnetic $\frac{\partial B}{\partial r}$, face ca traiectoria particulei să devieze puternic de la orbita de echilibru atunci cînd impulsul particulei (mv) diferă de impulsul de echilibru [5], [6], [7], [8]. În sincrotronul clasic variaţia lungimii orbitei de echilibru este dată de relaţia:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{1}{n-1}\frac{\Delta p}{p} \qquad (17)$$

unde

$$p = mv$$

În sincrotronul cu gradient alternant relaţia dintre alungirea orbitei de echilibru şi variaţia impulsului particulei se schimbă deoarece termenul $(n-1)$ ia valori în funcţie de configuraţia cîmpului magnetic. Vom defini o cantitate

$$\alpha = \frac{\Delta L/L}{\Delta p/p} \qquad (18)$$

pe care o vom numi coeficient de „compacticitate" a momentului cantităţii de mişcare (a impulsului) [4]. Relaţia clasică $vt = L$ diferenţiată logaritmic devine:

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{\Delta L}{L} - \frac{\Delta v}{v} \qquad (19)$$

şi ţinînd seama de (17), (19) devine:

$$\frac{\Delta t}{t} = [(1-n)^{-1} - (Mc^2/E)^2]\frac{\Delta p}{p} \qquad (20)$$

unde Δt este variaţia perioadei t, ΔL este variaţia lungimii orbitei, iar Δv este variaţia vitezei v asociată cu variaţia Δp a impulsului. Ţinînd seama de (18) relaţia (20) devine:

$$\frac{\Delta t}{t} = \left(\alpha - \frac{E^2}{E_0^2}\right)\frac{\Delta p}{p} \qquad (21)$$

care mai poate fi scrisă

$$\frac{\Delta t}{t} = \left(\frac{E_0^2}{E_1^2} - \frac{E_0^2}{E^2}\right)\frac{\Delta p}{p} = \eta\,\frac{\Delta p}{p} \qquad (22)$$

unde

$$E_1 = \frac{Mc}{\alpha^{1/2}}$$

este aşa numita energie critică (de tranziţie) iar E_0 este energia de repaos a particulei.

Oscilaţii sincrotronice

Notăm cu t_s timpul cînd particula traversează fanta de accelerare. Ea posedă atunci o energie cinetică echivalentă cu V_s volţi. O particulă oarecare va trece prin fanta de accelerare la un timp t vecin lui t_s avînd o energie cinetică echivalentă cu V puţin diferită de V_s şi se va mişca cu o viteză unghiulară Ω uşor diferită de Ω_s, care se referă la particula sincronă. Vom nota cu ΔV şi $\Delta\Omega$ micile variaţii definite la timpul t astfel:

$$\Delta V = V - V_s$$
$$\Delta\Omega = \Omega - \Omega_s$$

La marginea fantei se aplică o tensiune acceleratoare $V_s \sin\omega t$ şi dacă particula sincronă cîştigă la trecerea prin fantă energia $V_a \sin\omega t_s$, particula vecină va cîştiga energia $V_a \sin\omega t$.

Deosebim două particule prin fazele respective la trecerea prin fantă. Astfel faza particulei sincrone va fi :

$$\Phi_s = \omega t_s - 2K\pi \tag{23}$$

iar a particulei vecine

$$\Phi = \omega t - 2K\pi \tag{24}$$

K reprezentînd numărul de ture efectuat de particulă pînă la momentul considerat. Diferența de energie cîştigată de cele două particule de-a lungul traiectoriei pentru o rotație întreagă este

$$\delta(\Delta V) = V_a(\sin\Phi - \sin\Phi_s) \tag{25}$$

ΔV reprezentînd diferența dintre creşterea de energie a celor două particule la trecerea prin fanta de accelerare.

Prin definiție, particula sincronă se mişcă cu o viteză unghiulară Ω_s egală cu ω, pulsația tensiunii acceleratoare, deci faza rămîne nesschimbată la toate trecerile sale succesive şi egală cu Ω_s. Dimpotrivă, o particulă oarecare de energie V diferită de V_s posedă în general o viteză v diferită de v_s, ceea ce antrenează existența lui $\Delta\Omega$ aceasta datorită faptului că la trecerea următoare $t + \frac{2\pi}{\Omega}$, Φ va lua o nouă valoare, variația de fază fiind :

$$\delta\Phi = -\frac{\delta\Omega}{\Omega_s}2\pi \tag{26}$$

cum $\frac{2\pi}{\Omega_s} = T_s$ apare ca δt corespunzător lui $\delta\Phi$ vom avea

$$\frac{\delta\Phi}{\delta t} = -\delta\Omega. \tag{27}$$

Pe de altă parte din relația

$$eV = mc^2 = \frac{pc^2}{v} = \frac{pc^2}{r\omega} \tag{28}$$

diferențiată logaritmic se obține :

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta p}{P} - \frac{\Delta r}{r} - \frac{\Delta\Omega}{\Omega}. \tag{29}$$

Ținînd seama de relația (18), (29) devine

$$\frac{\Delta V}{V_s} = (1-\alpha)\frac{\Delta p}{p_s} - \frac{\Delta\Omega}{\Omega_s} \tag{30}$$

care se poate transforma în

$$\frac{\delta V}{V_s} = (1-\alpha)\frac{c^2}{v_s^2}\frac{\Delta V}{V} - \frac{\Delta\Omega}{\Omega_s}. \tag{31}$$

Eliminînd pe ΔV şi $\Delta\Omega$ între (25), (26) şi (31) şi ținînd seama de relația $\delta = T_s\frac{d}{dt}$ se obține următoarea ecuație a oscilațiilor de fază :

$$\frac{1}{\Omega_s}\frac{d}{dt}\left(\frac{V_s\Phi'}{\Omega_s K}\right) + \frac{V_a}{2\pi}(\sin\Phi - \sin\Phi_0) = 0 \tag{32}$$

unde

$$K = (1-\alpha)\frac{c^2}{v_s^2} - 1. \tag{33}$$

Relația (32) reprezintă ecuația unor oscilații armonice, a căror amplitudine depinzînd de condițiile inițiale ale mişcării, va rămîne în limitele stabilite, dacă acestea sînt convenabil alese [8]. Mişcarea va deveni instabilă la o anumită valoare a lui v_s pentru care k devine zero. Această valoare corespunde aşa numitei energii critice (de tranziție).

Eliminarea energiei critice

Prin atingerea aşa numitei energii critice dispare autofazarea particulelor şi accelerarea lor peste acest punct necesită schimbarea frecvenței tensiunii acceleratoare, ceea ce presupune serioase greutăți tehnice de rezolvat.

Au fost propuse de către diverşi autori variante de acceleratori cu focalizare intensă cu eliminarea energiei critice. Astfel PETUHOV, COLOMENSKI şi RABINOVICI au propus ca în sistemul magnetic al sincrotronului cu focalizare intensă obişnuit, să se introducă sectoare cu cîmp magnetic invers dar de acelaşi gradient. Aceasta conduce la o mărire de 2—3 ori a orbitei de echilibru şi corespunzător şi a diametrului acceleratorului. Este nevoie pentru aceasta de o limitare a toleranței constructive a circuitului magnetic [9]. GOLDIN a găsit un mod de aranjare a sistemului magnetic care conduce la eliminarea energiei critice fără limitarea toleranțelor, pe seama alungirii sistemului magnetic de la 1,5 la 2 ori. VLADIMIRSKII şi TARASOV propun o soluție care principial nu diferă de cele de mai sus şi anume este vorba de o schimbare de rezonanță a configurației cîmpului magnetic.

În cele ce urmează vom expune pe scurt principiul metodei. Cu o perioadă apropiată de perioada oscilațiilor betatronice, de-a lungul orbitei se instalează sectoare de cîmp magnetic invers (magneți compensatori). Prin variația impulsului particulei de la valoarea de echilibru apar oscilații forțate care compensează schimbarea obişnuită a lungimii orbitei pentru particulele cu impulsuri diferind de impulsul de echilibru. Energia critică pentru acest caz tinde către infinit, lungimea orbitei crescînd numai cu 15—20%. Din relația (21) se vede că pentru

$$\alpha = \frac{E^2}{E_0^2}$$

autofazarea încetează deoarece frecvența de rotație a particulei este independentă de impuls.

Dacă însă $\alpha \leqslant 0$ mişcarea este stabilă la orice energie a particulei. Notînd cu L_s şi p_s lungimea traiectoriei de echilibru şi respectiv mărimea impulsului de echilibru al particulei, vom avea :

$$\alpha = \frac{p_s}{L_s} \frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}p}.$$

În sistemul de coordonate ales, cînd am studiat oscilaţiile betatronice, un elemnt de lungime parcurs de o particulă oarecare este dat de relaţia

$$\mathrm{d}s^2 = \left[\frac{\rho(x) + r}{\rho(x)}\right]^2 \mathrm{d}x^2 + \mathrm{d}r + \mathrm{d}z^2 \qquad (34)$$

unde $\rho(x)$ este raza de curbură a orbitei de echilibru.

Oscilaţiile radiale ale unei particule de impuls $p_s + \Delta p$ se pot exprima aproximativ printr-o ecuaţie liniară de felul următor :

$$\frac{\mathrm{d}^2 r}{\mathrm{d}x^2} + Q(x)\, r = \frac{1}{\rho(x)} \frac{\Delta p}{p_s}. \qquad (35)$$

Sistemul magnetic constă din sectoare cu $n > 0$ de lungime l_1, cu $n > 0$ de lungimea l_3, iar între acestea sectoarele fără cîmp magnetic de lungime l_2 şi l_4 astfel ca

$$l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 2\pi$$

pentru sistemul magnetic.

Fie la m grupuri de magneţi obişnuiţi un magnet compensator. Gradientul în magnetul compensator va fi egal cu acel al magnetului obişnuit dar cîmpul şi respectiv curba traiectoriei vor fi deosebite.

În acest caz funcţia

$$Q(x) = \frac{1}{\rho^2(x)} + \frac{\partial H_z(x,0,0)}{\partial r} \qquad (36)$$

va avea perioada 2π, iar curbura traiectoriei va fi $\frac{1}{\rho(x)} - 2\pi m$ corespunzînd cu aşezarea periodică a magneţilor compensatori.

Soluţia periodică a ecuaţiei (35) de perioadă $2\pi m$ o notăm :

$$r(x) = r_1(x) \frac{\Delta p}{p_s}. \qquad (37)$$

Înlocuind acest rezultat în (34) şi integrînd de-a lungul traiectoriei L_1 iar apoi diferenţiind după $\frac{\Delta p}{p_s}$ obţinem :

$$\Delta L = \int_0^{L_s} \frac{r(x)}{\rho(x)} \mathrm{d}x \qquad (38)$$

de unde se deduce

$$\alpha = \frac{1}{2\pi m} \int_0^{2\pi m} \frac{r_1(x)}{\rho(x)} \mathrm{d}x. \qquad (39)$$

Din relaţia (39) se vede că printr-o alegere convenabilă a raportului $r_1(x)/\rho(x)$ mărimea α poate fi egală cu zero. Aceasta se va întîmpla dacă maximul lui $r(x)$ se va găsi în locul celei mai mici curburi sau chiar la curburi negative ale traiectoriei.

Practic metoda propusă de VLADIMIRSKII şi TARASOV conduce la o astfel de aranjare a circuitului magnetic al sincrotronului astfel ca $\nu \leqslant \frac{1}{m}$, ν fiind frecvenţa oscilaţiilor betatronice, ceea ce înseamnă că ν este aproape la rezonanţă cu $\frac{1}{m}$.

În acest caz, oscilaţiile forţate $r(x)$ vor fi în antifază cu forţa $\frac{1}{\rho(x)} \frac{\Delta p}{p_s}$ ceea ce este necesar pentru compensarea lui α.

În acest fel energia pînă la care poate fi accelerată particula este teoretic nelimitată.

BIBLIOGRAFIE

[1] COURANT, F. D., LIVINGSTON, M. S., SNYDER, S. : The Physical rewiew 88, (1952), 190.

[2] SEIDEN, J. : Annals of physic 10, (1955), 259.

[3] SMIRNOV, V. : *Curs de matematici superioare*. Editura Tehnică, Bucureşti, 1955, vol. 3, pag. 500.

[4] COURANT, F.D. şi SNYDER, S. : Annals of physic, 3, (1958) 1.

[5] GOLDIN şi KASKAREV : Nuovo Cimento, suppl. 2, 1075 (1955).

[6] LÜDERS, G. : Nuovo Cimento, suppl. 2, 1075 (1955).

[7] BLEWETT, H. : Review of scientific instruments, 24 1953 Septembrie 725.

[8] GRIVET, P. : Revue generale. d'electricité No. (1955), 5, mai, 239.

[9] VLADIMIRSKII şi TARASOV : *Necatorie vaprosi tehniceschih uscoritelei*. Editura Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. (1955).

CRONICA

Primul congres internaţional al Federaţiei Internaţionale a Controlului Automat (IFAC)

Între 25 iunie şi 5 iulie 1960, se va ţine la Moscova primul Congres Internaţional de Automatizare (IFAC), congres hotărît de adunarea generală a Federaţiei Internaţionale a Controlului Automat ce s-a ţinut la Paris în noiembrie 1957.

Tema congresului este :

„Pentru teorie, aplicaţii largi ; pentru instrumente, maxim de siguranţă ; pentru sistemul automat, cea mai mare eficacitate.

El va lucra pe trei secţiuni :

Secţiunea I-a : cercetări teoretice şi experimentale în domeniul controlului automat şi al servomecanismelor.

Secţiunea II-a : instrumente de cercetare legate de desvoltarea sistemelor automate de control.

Secţiunea III-a : aplicaţii industriale ale controlului automat, cuprinzînd aplicaţii ale maşinilor de calcul.

În prima secţiune se vor discuta problemele teoretice în domeniul cercetării şi proiectării sistemelor de control automat precum şi metodele pentru rezolvarea lor ; acest domeniu va cuprinde şi problemele matematice, al căror scop este să dezvolte noi metode de cercetări. Se vor cuprinde de asemenea probleme fizice specifice cu scopul de a se comunica rezultatele diverselor cercetări din acest domeniu cu importanţa în practică şi proiectarea tehnică.

Secţiunea a doua va cuprinde în primul rînd problemele legate de aparatele de măsurat : elemente de măsură, transformatori, relee, regulatori, elemente de execuţie ; în această secţiune vor fi incluse şi problemele generale asupra teoriei şi practicării, determinarea preciziei componentelor existente precum şi determinarea caracteristicelor statice şi dinamice, ale diferitelor sisteme de control.

Problema condiţiilor de maximă siguranţă a aparatelor de măsură şi control va forma un alt obiect al discuţiilor în această secţiune ; diferitele soluţii vor fi ilustrate cu rezultatele studiilor exerimentale asupra instrumentaţiei precum şi rezultatele aplicaţiilor respective.

Această secţie va curinde şi problemele legate de proiectarea instrumentelor, experienţa în ceea ce priveşte această proiectare precum şi diferite probleme economice şi de fabricaţie.

În secţiunea a treia se vor discuta problemele legate de metodele teoretice şi exerimentale ale analizei statice şi dinamice a sistemelor şi componenţelor precum şi metodele de analiză a oscilaţiilor ; interpretarea matematică a sistemelor automate precum şi aplicarea lor va fi îndrumată pe linia dirijării principiilor ştiinţifice ale automaticii ; ţinînd seama de aceasta se vor expune principiile de construcţie ale sistemelor complexe automate, ale unităţilor automate precum şi principiile controlului automat.

În această secţie se vor discuta probleme ce se referă la îmbunătăţirea condiţiilor de lucru şi a productivităţii cît şi asupra eficienţei economice a automatizării.

La acest congres pot participa în afară de cele 19 ţări membre ale IFAC toate ţările care doresc aceasta.

Referatele care sînt recomandate a fi de aproximativ 7 000 cuvinte, vor trebui să cuprindă lucrări ştiinţifice sau practice (realizate de unii sau mai mulţi autori), în ori care din secţiile arătate sau într-un domeniu nou de activitate şi care să aibă legătură cu dezvoltarea metodelor de proiectare a sistemelor automate sau cu aplicarea lor în industrie.

Rapoartele şi referatele aprobate pentru a participa la congres vor fi tipărite pînă la 31 martie 1960.

Ţara noastră va participa şi ea la acest congres al automatizării ; comisia de automatizare a Academiei R P R coordonează lucrările pentru pregătirea definitivă a referatelor ce vor fi prezentate, după ce în prealabil a aprobat tema acestor studii.

Studiile vor trebui terminate înă la 15 iulie 1959, pentru ca pînă la 15 septembrie a.c. ele să fie trimise comitetului consultativ IFAC.

Ing. M. CROITORU

Conferinţe de automatizare în R. P. U.

Se prezintă, pe scurt, trei conferinţe ţinute la Budapesta între 24 şi 25 octombrie 1958. Problemele ridicate sînt cu privire la automatizarea electrică în industria chimică, în siderurgie şi analizarea corelaţiei dintre tehnică şi automatizare, accentuîndu-se problemele specifice din R.P.U.

Industria chimică. Sarcina automatizorilor din industria chimică este de a pregăti şi realiza o trecere pe linie largă la automatizarea electrică, automatizarea bazată pe comenzi pneumatice fiind în prezent la limita aplicabilităţii.

Aparatura cerută de industria chimică pentru comandă şi reglare seamănă mult cu aparatele din tehnica căldurii şi industria energetică, numai că trebuie să corespundă altor condiţii de utilizare.

Astăzi, aparatul cel mai răspîndit de intervenţie este ventilul pneumatic cu membrană arcuitoare. Acţionarea ventilului pe cale electrică este foarte rar avantajoasă ; angrenajul este costisitor şi, lucrînd aproape permanent, în aceleaşi intervale, numai cîţiva dinţi sînt solicitaţi, deci uzarea este foarte mare şi localizată pe un interval mic. Pentru eforturi mari la reglare se preferă acţionarea hidraulică. Din această cauză, în alte ţări se preferă automatizarea electropneumatică.

Automatizarea electrică îmbrăţişează :

1) semnalizarea stării faptice inclusiv a pericolului ;

2) comanda acţionărilor şi instalaţiilor electrice ;

3) dirijarea acelor părţi ale exploatării care se pot influenţa uşor pe cale electrică ;

4) dirijarea proceselor chimice prin reguatoarele electrice.

Este semnificativ pentru aparatele de reglare electrice faptul că ele trebuie etalonate la punctul de lucru unde sînt folosite şi că deci nu se pot înlocui decît cu construcţii identice.

Pentru semnalizarea de comandă este preferat curentul continuu.

Activitatea institutelor de proiectare — în legătură cu automatizarea în industria chimică — este dificilă pentru că :

parametrii dinamici ai instalaţiei sînt de obicei prea puţin cunoscuţi ;

nu se dispune de caracteristicile aparatelor necesare (nici pentru cele indigene, nici pentru cele importate).

Proiectantul automatizării ar trebui să demonstreze economicitatea automatizării, lucru ce, în majoritatea cazurilor, nu se poate determina : uzinele noi se construiesc potrivit unui proces tehnologic nou şi automatizat, cele existente, neautomatizate sau automatizate parţial, au o tehnologie învechită, din aceasta rezultă că nu sînt baze comune de comparaţie.

În Republica Cehoslovacă se fac cercetări amănunţite pentru definirea timpului de amortizare a cheltuielilor de investiţie ce se fac cu automatizările. Prin acest studiu s-au determinat o serie de date cu privire la deosebirea între reglajul manual şi cel automat.

Pentru a ajunge la rezultate cît mai bune, ar fi necesar ca lucrările proiectanţilor în domeniul proiectărilor şi confecţionărilor de regulatoare electrice din R.P.U., să ţină seama : ca lucrul de cercetare să fie coordonat ;

să se determine planul de dezvoltare;
să se repartizeze sarcini concrete pentru organele colaboratoare;
să se colecteze rezultatele obţinute pînă în prezent şi să se difuzeze între cei interesaţi;
să se stabilească pentru proiectanţi principii unitare de proiectare (ţinîndu-se seama şi de precauţiile ce trebuie luate împotriva exploziilor şi a incendiilor);
să se proiecteze şi să se fabrice imediat laboratoarele pentru executarea analizelor de serie.

Dat fiind situaţia actuală a fabricării aparatajului de reglaj electric, nu se poate spera ca înainte de cinci ani industria din R.P.U. să poată asigura generalizarea utilizării acestuia.

În decurs de zece ani va trebui să se ajungă să se prelucreze datele de exploatare pe cale mecanică, deci viitoarea fabrică de regulatoare electrice va trebui să studieze de îndată cele mai noi tipuri străine de maşini automate de prelucrat datele de exploatare, pentru a putea fi gata în timp util cu tipul propriu.

Părerea celor din practică se rezumă la constatarea că automatizările introduse au o viaţă scurtă. După prima defectare a unui oarecare aparat, părţi întregi din automatizare se exclud, aparatul defect nu poate fi reparat cu atît mai mult cu cît nu există rezerve pentru înlocuire. Se pot face reparaţii de valoare numai în unele cazuri la exploatare.

Siderurgia. În siderurgie a existat şi pînă acum o automatizare a comenzilor şi a reglărilor privind unele instalaţii sau procese tehnologice izolate. În prezent se trece la automatizarea complexă a unor grupe de mecanisme cît şi la coordonarea automată a tuturor instalaţiilor care iau parte la procesul tehnologic comun. La realizarea construcţiilor noi se folosesc noi elemente de automatizare cum ar fi:

aparate amplificatoare electrice şi magnetice;
tuburi electronice;
redresoare ionice;
sisteme de selsin.

Se preconizează ca în alegerea instalaţiilor de reglaj din siderurgie să se ţină seama că va corespunde mai bine acel regulator care va îndeplini următoarele condiţii:

va fi apt să influenţeze puteri mari (grad de amplificare mare);
va folosi un număr redus de elemente;
va fi robust şi fără pretenţii;
inerţia să fie minimală (acţiunea rapidă);
oscilaţiile să fie excluse şi sensibilitatea să fie foarte mare.

În cele de mai sus, două din condiţii se opun una alteia, iar executarea este îngreuiată de o a treia şi anume: gradul de amplificare a amplificatorilor şi rapiditatea de reglare sînt condiţionate de o simplicitate cît mai mare; aceste condiţii — din experienţă — corespund mai bine la regulatoarele într-o treaptă, cu viteză mare de acţionare şi amplificatoare de mare putere.

Problemele specifice de automatizare care se ivesc în diferite domenii ale siderurgiei sînt:

1. Pregătirea materialelor de bază (minereu, cocs, fondanţi, fabricarea materialului ceramic etc.) este caracterizat prin volumul mare care trebuie mişcat, de la vagoanele în care soseşte, de obicei concasat — la site, silozuri de amestec şi — în fine — silozuri de stocare. Transportul se întinde uneori pe suprafeţe mari, aşa de exemplu cel pentru pregătirea minereurilor de la o uzină siderurgică modernă are lungimea de 1 200 m iar lăţimea de 160 m. Pentru industria minieră, problema se pune cu atît mai mult cu cît aici transportul nu este unidirecţional şi căile paralele trebuie folosite în cele mai variate combinaţii.

Pentru transport se folosesc: benzi de cauciuc, drept dozatoare: mese. Exploatarea trebuie să fie continuă şi să excludă posibilitatea îngrămădirii materialului într-un punct în caz de avarie. Pentru aceasta este nevoie de o automatizare a comenzilor de la distanţă, cu posibilitatea de a interveni în sensul opririi din ori ce punct cu semnalizarea defectelor, controlul funcţionării, a blocării reciproce. Se porneşte — la cererea dispecerului sau automat — ultimul organ din şirul de transport, celelalte organe din amonte pornind cînd cel precedent a ajuns la turaţie. Decalarea de timp se realizează prin releu de timp sau relee de viteză. Scoaterea din funcţionare se face în ordine inversă, instalaţia oprindu-se după ce benzile au fost golite, aceasta pentru a nu porni cu instalaţia încărcată şi ca să nu rămînă materiale pe parcurs. În caz de avarie, toate instalaţiile care se află în amonte trebuie oprite instantaneu, pe cînd cele din aval vor continua să funcţioneze pînă la golire. Fazele de comandă se semnalizează cu becuri şi claxoane, de exemplu: la intenţia de pornire a dispecerului apare pe schema tehnologică, în dreptul ultimului organ din şirul de transport, o lumină verde, pîlpîietoare, aprinzîndu-se lumini similare, una după alta, pe tot şirul de transport din dreptul fiecărui organ care este apt pentru a porni. Defectarea unei comenzi se semnalează prin aceea că în locul luminii verzi apare una roşie—pîlpîietoare. Dacă instalaţia este în ordine şi gata pentru pornire, apare un semnal luminos şi acustic la supraveghetorul şirului respectiv care, prin apăsarea unui buton, confirmă avertismentul primit. Ca urmare la dispecer, în dreptul butonului de comandă o lumină roşie şi semnal acustic, iar pe de altă parte, instalaţia de transport porneşte, fără o altă intervenţie. Pe măsură ce ajung turaţie organele din acest şir se atinde o lumină verde. La terminarea punerii în funcţiune, toate becurile de per panoul schemei tehnologice vor arde cu lumini verzi, iar lumina roşie de lîngă butonul de comandă a dispecerului se stinge.

Oprirea unuia din organele şirului se semnalizează prin ivirea luminii roşii pîlpîietoare şi acustic, iar oprirea celor în amonte de aceasta, prin stingerea luminilor corespunzătoare lor. În felul acesta, dispecerul ştie unde trebuie dirijaţi monteurii de intervenţie. Pe de altă parte, oprirea se poate comanda la orice punct al traseului, de exemplu printr-un cablu, din fire sintetice, întins de-a lungul traseului. Există posibilitatea ca dispecerul să hotărască funcţionarea unui şir de transport numai pe porţiuni pentru a putea combina un sistem multidirecţionat. Mai poate elibera din blocaj unul sau mai multe motoare, pornirea şi oprirea rămînînd la aprecierea personalului de revizie şi putîndu-se comanda manual de la întrerupătorul de protecţie al motorului respectiv. Aceste organe de transport sînt marcate cu o lumină roşie constantă. Comenzile şi semnalizările se pot realiza cu mijloace simple. De obicei releele şi siguranţele sînt concentrate într-o încăpere din apropierea dispecerului, organul de execuţie a comenzii (întrerupătorul automat), aflîndu-se lîngă motorul său. Din cauza distanţelor mari, sistemul necesită o reţea de cabluri de mai multe zeci de kilometri.

Unul din avantajele automatizării faţă de comanda manuală, este mărirea capacităţii de transport pînă la triplu.

Astfel de instalaţii de transport automatizat au fost proiectate, construite şi montate de specialiştii din R.P.U. la staţia de pregătire a minereului şi la instalaţia de cocsificare a Uzinelor metalurgice Dunărea (Dunai vasmii).

2. *Furnalul.* Automatizarea instalaţiilor de deservire a furnalului este asemănătoare, folosindu-se tot o schemă luminoasă. Menţionăm următoarele completări:

Transportul încărcăturii la gura furnalului se face, de obicei, cu un ascensor înclinat al cărui motor poate ajunge — sau chiar depăşi — 150 kW. Mai des se foloseşte sistemul Leonard cu comandă prin amplidină şi se cere pornirea automată — respectiv oprirea şi frînarea în această poziţie.

Materialul ridicat la gura silozului, trebuie întins uniform pe platforma de încărcare. Aceasta se asigură cu ajutorul unui distribuitor, care după fiecare cupă — adusă cu ascensorul — se roteşte automat cu un anumit unghi. Comanda rotaţiei se realizează cu ajutorul unui controler — plasat în staţia de comandă — acţionat printr-un motor.

Cu ajutorul unei sonde — acţionate mecanic — care, după fiecare încărcătură se coboară automat în gura furnalului, se controlează şi se semnalizează înălţimea stratului de material. Dispozitivul împiedică automat supraîncărcarea furnalului, oprind încărcarea pînă cînd încărcătura scade la nivelul dorit. Un dispozitiv de memorare asigură ca la repornire încărcarea să continue din faza în care se oprise.

Tot prin reglare automată se realizează schimbarea rolului de funcţionare a celor trei încărcătoare de aer care deservesc un furnal. Prin relee termice se controlează gradul de încălzire, respectiv de răcire şi se menţine la acelaşi nivel temperatura vîntului.

Cu tot sistemul de automatizare atît de dezvoltat, mai sînt la furnale operaţii care se execută manual şi care s-ar putea mecaniza şi automatiza.

În cadrul reconstrucţiei lor este proiectată echiparea cu automatizare modernă a furnalelor de la Ord. Industria din R.P.U. a executat o automatizare după principiile expuse, la furnalele de la Uzinele metalurgice „Dunărea".

3. *Oţelăria.* La cuptoarele Siemens-Martin, automatizarea schimbării mersului regulatoarelor seamănă cu aceea de încălzire a aerului la furnale. La cuptoarele electrice (cu arc), problema reglării electrozilor are o importanţă deosebită. Metodele vechi cu reglarea la intensitate sau putere constantă, nu pot asigura o reglare independentă a electrozilor. Pentru a îmbunătăţi funcţionarea cuptorului este necesar ca electrozii să fie individual reglabili. Aceasta se realizează prin reglarea impedanţei.

Avantajele metodei noi de reglare sînt:

reducerea consumului de energie;

îmbunătăţirea calităţii oţelului produs prin menţinerea continuă şi corectă a aerului (timpul de topire se reduce, se carbonizează în cea mai mică măsură);

reducerea consumului de electrozi şi micşorarea cazurilor de rupere;

reducerea pericolului scurtcircuitărilor.

Mişcarea electrozilor se face prin motoare pentru curent alternativ, curent continuu sau hidraulic.

La acţionarea prin curent alternativ trifazic, motoarele sînt conectate prin întrerupătoare magnetice, comandate prin relee. Releele fac parte din circuitul anodic al unui sistem electronic.

Sistemul prezintă o concepţie nouă din R.P.U., acţionarea cu motor de curent continuu dirijat de amplidine este mai bună.

Acţionarea electrică a electrozilor a cîştigat din nou prioritatea faţă de cea hidraulică, deşi aceasta — timp de 20 de ani — a fost preferată.

4. *Laminoarele.* Problemele cele mai numeroase şi cele mai grele le ridică reglarea la laminoare.

Discutarea tuturor acestor probleme ar depăşi spaţiul disponibil. De aceea ne vom rezuma numai la problema şocurilor de care reţeaua electrică este solicitată.

Exploatarea laminoarelor este caracterizată prin şocuri puternice şi repetate. Aici nu mai sîntem avizaţi la sistemul cu volan sau Ilgner — decît la şocuri de blocuri mari cu şocuri de peste 30 MW — pentru a feri sistemul energetic de şocuri, ci pentru a acţiona cu motor de curent continuu alimentat de la un redresor cu mercur sau grup convertizor automat cu motor sincron, prin care se poate îmbunătăţi şi factorul de putere al reţelei.

Pentru a asigura utilizarea în lin a laminoarelor, acestea trebuie exploatate cu viteza maximă. Dacă în acest caz se produce o suprasarcină, provocată de un bloc mai rece, protecţia declanşează şi instalaţia se opreşte; aceasta înseamnă pierdere în producţie pe lîngă alte neajunsuri. De aceea mecanicii de la laminoare păstrează o vizetă mai mică, prevenind astfel declanşarea la o suprasarcină provoçată de un bloc mai rece. Reglajul modern cu amplidină, la creşterea intensităţii — ca urmare a suprasarcinii — reduce excitaţia generatorului — deci tensiunea — şi ca urmare turaţia, pînă ce s-a trecut prin partea mai rece a blocului, asigurîndu-se astfel, utilizarea în lin a instalaţiei.

Tot prin amplidine sau amplificatoare magnetice se realizează rezolvarea unei serii de alte probleme a laminoarelor. Aşa de exemplu: acţionarea individuală a valţurilor şi evitarea roţii nebune. La puteri mari se folosesc două cîte două motoare pe axă. Această soluţie este avantajoasă şi pentru GD^2 al motoarelor, astfel că şi reversarea se poate mai uşor realiza.

Corelaţia tehnică şi economică a automatizării industriale.

Examinîndu-se situaţia automatizării la diversele întreprinderi se constată că:

pe de o parte nu sînt utilizate toate automatizările relizabile in momentul de faţă.

nu s-a introdus automatizarea chiar dacă în alte întreprinderi similare funcţionează o automatizare;

automatizarea introdusă nu funcţionează cum trebuie, sau a fost abandonată.

Dintre cauze citäm:

În afară de proiectare, nu se colaborează suficient — atît automatizatorul cît şi tehnologul lucrînd separat. De multe ori se stabileşte procesul tehnologic şi se cere automatizarea lui în loc să se stabilească în aşa fel procesul tehnologic ca să se realizeze şi o optimă automatizare a sa.

Proiectanţii nu cunosc amănunţit — din practică — procesul tehnologic; or, prin consideraţii teoretice şi calcule nu se pot prevede toate fenomenele care se pot ivi în exploatarea practică; procesul tehnologic trebuie — imediat după punerea în funcţionare — modificat şi astfel automatizarea nu se mai potriveşte, or, schimbarea unei automatizări implică greutăţi mai mari decît modificările unui proces tehnologic.

Termenele de proiectare, construcţie şi punere în funcţiune trebuie just stabilite. În acest fel se va evita ca din cauza termenelor scurte, automatizarea să rămînă la urmă în toate fazele, iar după intrarea în producţie să nu se mai găsească timp pentru punerea ei la punct.

Atunci cînd se fac schimburi de experienţă, în vederea studierii unui nou proces tehnologic, să fie solicitat şi automatizatorul, ca să se poată — de la început — discuta în colectiv noul proiect, alt fel automatizarea va rămîne pe planul al doilea.

Aparatajul prevăzut pentru automatizare, trebuie să fie experimentat şi absolut sigur, altminteri, o singură stînjenire a producţiei, poate cauza pagube care nu vor putea fi compensate timp îndelungat de avantajele automatizării. De aceea este necesar să fie prevăzute rezerve suficiente. Însemnătatea rezervelor just alese se exemplifică prin următorul calcul:

Într-o automatizare sînt necesare 3 000 de relee, care fiecare în parte funcţionează cu o siguranţă de 99%. După un calcul de probabilitate, siguranţa întregii instalaţii reprezintă numai 47%. Dacă releele sînt montate în grupuri de 40 bucăţi, şi dacă pentru fiecare subgrup de zece relee, aplicăm un volan de rezervă — adică mărim volumul de investiţie cu 10% — siguranţa de funcţionare va creşte de la 47% la 94% — pentru cazul cînd o singură unitate se defectează într-un timp dat.

Trebuie bine calculat ca aparatajul ales pentru o automatizare să facă faţă condiţiilor specifice în care automatismul trebuie să funcţioneze: căldură, praf, umezeală, gaze corozive, vibraţii, tensiuni sau frecvenţă nestabilă etc.

Automatizarea trebuie să fie precedată de pregătirea unor cadre bine calificate de lucrători, tehnicieni şi ingineri. De asemenea, rezultatele obţinute în alte părţi prin automatizare, trebuie larg difuzate în instalaţia nou automatizată, înainte de punerea ei în exploatare.

Este foarte util ca în centrele industriale să se organizeze un „grup" de specialişti pentru montarea, întreţinerea şi repararea automatismelor.

Proiectantul trebuie să examineze foarte minuţios avantajele şi dezavantaleje unei automatizări preconizate.

În vederea unei pregătiri bune a automatizării este necesar:

determinarea evoluţiei pe perioade de 10—15 ani a necesităţilor de forţe tehnice specializate în automatizare.

stabilirea unei programe analitice de automatizare pe specialităţi, pentru cursurile superioare, medii şi inferioare,

să se stabilească un program de fabricare de aparataje necesare în automatică.

Ţinînd cont de împrejurarea că:

în domeniul automatizării nu dispunem de experienţă suficientă,

nu dispunem de aparate de măsurat şi de reglat speciale,

nu sînt bine precizate în toate cazurile parametrii necesari determinării automatizării,

nivelul de mecanizare a întreprinderilor nu permite în toate cazurile o automatizare completă.

Este necesar şi recomandabil a proceda la automatizare în două etape:

În prima etapă să se automatizeze acele procese tehnologice pentru care avem la dispoziţie aparatajul experimental.

În etapa a doua vor veni la rînd acele procese tehnologice pentru a căror automatizare este necesar un aparataj nou, sau unde chiar procesul tehnologic şi utilajul folosit trebuie modificat sau înlocuit.

Ing. T. ONCIU

RECENZII

Probleme de cibernetică (Problemî kibernetiki) sub redacţia lui A. A. Liapunov Caietul I. Gosudarstvenoe izdatelstvo fizico-matematicescoi literaturî. Moscova, 1958, p. 268.

Marele avînt pe care l-a luat cibernetica rezultă şi din importantul volum care deschide seria publicaţiei „Probleme de cibernetică". În U.R.S.S. problema automatizărilor este tot mai mult în centrul organelor de conducere, toate problemele fiind tratate în acelaş timp la un nivel teoretic foarte înalt şi strîns legate de practică. Automatica este însă astăzi indisolubil legată de cibernetică, deoarece automatizarea complexă este strîns legată de utilizarea maşinilor matematice. Cibernetica a devenit azi un domeniu ştiinţific independent — după cum se afirmă şi în prefaţa care deschide volumul de care ne ocupăm. Definiţia dată ciberneticii este originală — astfel în cît este necesar a o reproduce: „Sarcina ciberneticii constă în studierea sistemelor şi a proceselor de reglaj, cu alte cuvinte în studierea dispozitivelor care lucrează cu informaţii şi procesele recepţionării, transmiterii, prelucrării şi conservării informaţiei".

Lucrarea de faţă este o culegere de studii privind diversele aspecte ale ciberneticii şi are drept scop de a contribui la unirea interesului ştiinţific al persoanelor care lucrează în diverse domenii legate de cibernetică. Nivelul înalt ştiinţific al culegerii, face ca ea să fie rezervată cercetătorilor ştiinţifici şi inginerilor. În „Probleme de cibernetică" se publică articole originale, articole de sinteză şi traduceri privind diversele domenii ale ciberneticii.

Primul caiet al seriei cuprinde 14 articole originale, grupate în patru părţi, şi o cronică.

In acest număr, cele cinci părţi sînt următoarele: Probleme generale, Programare, Maşini de calculat, Problemele matematice ale lingvisticii şi Cronică.

In partea de Probleme generale sînt două articole: A. A. Liapunov despre „Unele probleme generale ale ciberneticii" şi M. L. Tţetlin despre „Schemele neprimitive".

Articolul prof. Liapunov, şeî de catedră la Universitatea Lomonosov din Moscova, este deosebit de important, deoarece se face o trecere în revistă atît a diverselor domenii ale ciberneticii, cît şi a principalelor progrese realizate în ultimul timp în aceste domenii. Este de remarcat în special o prezentare a schemelor logice şi a tratării lor algoritmice. In această direcţie în U.R.S.S. s-au realizat progrese importante. Este de menţionat în primul rînd lucrarea „Teoria algoritmilor" datorită lui A. A. Markov, membru corespondent al Academiei de ştiinţe a U.R.S.S. In articolul de faţă se prezintă de exemplu algoritmizarea deosebit de interesantă a unor procese de reglaj. Reamintim că algoritmizarea proceselor este o etapă esenţială pentru tratarea lor cu ajutorul maşinilor electronice de calculat. Menţionăm de asemeni că în încheierea articolului său, Liapunov se ocupă şi de problemele biologice, considerate din punctul de vedere al sistemelor de reglaj.

Al doilea articol al părţii generale, se referă la schemele neprimitive. Reamintim că în problemele de scheme, se consideră scheme avînd n intrări şi p ieşiri. Dacă mărimile electrice de la ieşire sînt perfect determinate atunci cînd se cunosc intrările, schemele se numesc primitive. In caz contrar se numesc neprimitive. Schemele de amplificare cu tuburi sînt exemple de scheme primitive. Schemele de multivibratori sînt exemple de scheme neprimitive. In articolul de faţă se face o tratare algebrică a schemelor neprimitive, dîndu-se metode matriciale de analiză şi de sinteză. Articolul are 16 fig. şi 10 lucrări citate la bibliografie.

Partea a doua, de programare, debutează printr-un articol mare al lui Liapunov, tratînd problemele logicii schemelor de programare. Studiul este general. Se dau în primul rînd noţiuni asupra programării maşinilor digitale, apoi asupra metodicii programării. Se dau numeroase exemple de stabilirea schemelor de programare. Se utilizează în mod intens metodele algoritmice.

Problemele algoritmilor formează de altminteri subiectul unui articol special, intitulat: Despre schemele logice ale algoritmelor, de Iu. I. Ianov. Lucrarea face parte din dizertaţia autorului. Este deosebit de important pentru toţi acei care se ocupă de problemele automatizării, să studieze aceste probleme ale algoritmizării.

Unele probleme generale ale programării, sînt tratate în articolul R. I. Podlovcenko: „Despre noţiunile de bază ale programării". Deosebit de interesant este studiul lui S. S. Kamînin, E. Z. Liubimschi, M. R. Şura-Bura, intitulat: „Despre programarea automată, cu ajutorul programelor de programare". Se tratează aci o problemă foarte importantă, anume aceea a programării automate. Metodele moderne de programare, permit ca maşinile să rezolve anume probleme de programare singure, pe baza unei programări speciale, programare generală, elastică. Studiul are anexe în care se dau aplicaţii ale metodelor expuse.

Această parte referitoare la programare, se încheie în cîteva studii privind maşina sovietică PP-2.

A treia parte a publicaţiei este dedicată problemelor maşinilor matematice. Se descrie aci maşina TEM-1. Maşina lucrează cu 31 de cifre binare, avînd viteza ciclică de 512 kHz, utilizează 1 900 tuburi şi consumă 14 kW. Se dau detalii asupra părţii electronice şi logice a maşinii.

Partea a patra a publicaţiei se ocupă de problemele matematice ale lingvisticii. Această parte cuprinde trei studii: „Asupra unui mod de a determina noţiunile gramaticale pe baza teoriei mulţimilor" (O. S. Kulakina) „Problemele deosebirii omonimelor în traducerea automată din engleză în rusă" (T. N. Molosnaia) şi „Traducerea mecanică din ungară în rusă" (H. A. Melciuk). Desigur că primul studiu prezintă interes şi din punct de vedere general filozofic, fiind cunoscută imprecizia pe care o resimt oamenii de ştiinţă exactă atunci cînd se ocupă de unele probleme de lingvistică. Al treilea studiu prezintă interes de oarece este o prezentare detaliată a modului în care se face programarea unui calculator în vederea traducerii din o limbă în alta.

Ultima parte, Cronica, cuprinde o serie de date deosebit de importante privind activitatea cibernetică în U.R.S.S.

In anul universitar 1955/56, la Universitatea din Moscova, la catedra de matematică calculatorie, s-a organizat un seminar privind problemele contingente ciberneticii şi fiziologiei. In total s-au ţinut cinci referate. In anul 1956/57, s-a organizat un seminar privind problemele generale ale ciberneticii. In total s-au ţinut 26 de referate.

Un alt ciclu de manifestări, a fost organizat între 24.V—31.V.1957 la Laboratorul de calcul analogic al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. privind problemele legate de funcţionarea şi construcţia maşinilor de prelucrat informaţii cu memorie mare. In afara şedinţelor plenare, unde s-au ţinut nouă referate, au funcţionat încă două secţii, o secţie teoretică, unde s-a ţinut 22 de referate, şi o secţie tehnică, unde s-au ţinut 24 de referate.

Intreaga lucrare este deosebit de interesantă atît prin materialul prezentat — din care pentru automatişti prezintă interes în special problema algoritmizării — cît şi informaţiile generale care arată marea dezvoltare pe care a luat-o în U.R.S.S. tratarea la un nivel înalt teoretic, a problemelor de cibernetică.

Prof. Edm. Nicolau

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции:

Автоматизация в социалистическом народном хозяйстве

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 97

ДК 621–523:537.312.62

MOISIL, C. GR.:

Криотрон

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 98-103

В статье разрабатывается алгебраический метод анализа работы криотрона, а также содержащих криотронных цепей. Даны примерные расчеты.

ДК 612–52: 662.69:622.698

TUDOROIU, V.:

Автоматизация добычи, транспорта и распределения газа метана

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 104-113

Рассматриваются некоторые вопросы централизованного управления добычи, транспорта и распределения газа метана.

ДК 621–533.6:621.362.7:633.15

SAPŞA, M.:

Установка для регулирования температуры и управления горением в сушильнях для кукурузы

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 114-119

Описывается разработанная установка для регулирования температуры и автоматического управления горением в сушильнях для кукурузы. Рассмотрены два варианта — с жидким и с газовым топливом.

ДК 621.317.78.024:621.398

DUMA, M. и SÎRBU, M.:

Датчик мощности на постоянном токе в компенсаторном режиме

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 119-126

Описан датчик мощности на постоянном токе в компенсаторном режиме, допускающий преобразование мощности с точностью соответствующей классу 1. Датчик обеспечивает передачу постоянного тока по физическим цепям длиной в несколько десятков километров, отличаясь простым конструктивным оформлением, и может быть разработан на основе стандартных элементов серьестного производства.

ДК 621.373.43:621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. и SCÎNTEIE, N.:

Генераторы наносекундных импульсов

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 126-130

Описано несколько типов наносекундных импульсных генераторов. Критически рассмотрены три типа переключателей и полученный автором опытный результат.

ДК 621.316.73:538.569.4:539.154.3

DRĂGHICESCU, M. и PASCARU, I.:

Стабилизатор магнитного поля на основе ядерного магнитного резонанса

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 130-135

Описан разработанный авторами стабилизатор магнитного поля. Даны физические основы и схема работы, а также полученные опытные характеристики.

ДК 621.384.612

MIHĂILĂ, A.:

Синхротрон с интенсивной фокусировкой

Automatica şi electronica, III (1959) № 3, стр. 136-140

Рассмотрены вопросы интенсивной фокусировки в синхротронах.

ХРОНИКА, стр. 141-143.

РЕЦЕНЗИИ, стр. 144.

INHALTSVERZEICHNIS

LEITARTIKEL:

Die Automatisierung der Production in der sozialistischen Wirtschaft.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 97

DK 621–523 : 537.312.62

MOISIL, C. GR.:

Kreise mit Kryotronen.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 98—103

Der Artikel beschreibt algebraisch die Arbeitsweise des Kryotrons und die Analyse von elektrischen Kreisen mit Kryotronen. Es werden Rechenbeispiele gegeben.

DK 621–52 : 662.69 : 622.698

TUDOROIU, V.:

Selbsttätige Regelung in der Gewinnung, Transport und Verteilung von Methan-Gas.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 104—113

Es werden die verschiedenen Aspekte der zentralisierten Kontrolle in der Gewinnung, Transport und Verteilung von Methan-Gas untersucht.

DK 621–533.6 : 621.362.7 : 633.15

SAPŞA, M.:

Anlage zur Temperaturregelung und zur Verbrennungskontrolle in Maistrocknereien.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 114—119

Es wird eine Anlage beschrieben, die zur Temperaturregelung und zur selbsttätigen Kontrolle der Arbeitsweise des Brenners für Maistrocknereien ausgeführt wurde. Es werden zwei Varianten behandelt: mit flüssigem und mit gasförmigem Brennstoff.

DK 621.317.78.024 : 621.398

DUMA, M. und SÎRBU, M.:

Gleichstrom Leistungsgeber im Kompensatorbetrieb.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 119—126

Es wird ein Gleichstrom-Leistungsgeber im Kompensatorbetrieb beschrieben, der die Umwandlung der Gleichstromleistung mit einer der Klasse 1 entsprechenden Genauigkeit gestattet, die Möglichkeit der Gleichstromübertragung auf eine Entfernung von einigen zehn Kilometern auf Stammleitungen sichert, eine einfache Bauweise hat und aus in der grossen Serienproduktion genormten Bauteilen hergestellt werden kann.

DK 621.373.43 : 621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. und SCÎNTEIE, N.:

Nanosekunden-Impulsgeneratoren.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 126—130

Es werden Impulsgeneratoren für den Nanosekundenbereich mit Formungsleitungen und Umschalter beschrieben. Drei Arten von Umschaltern werden kritisch dargestellt, wie auch die eigenen, von den Verfassern erhaltenen Versuchsergebnisse.

DK 621.316.73 : 538.569.4 : 539.154.3

DRĂGHICESCU, M. und PASCARU, I.:

Auf der magnetischen Kernresonanz fussender Stabilisator des magnetischen Feldes.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 130—135

Es wird ein von den Verfassern entwickelter und gebauter Stabilisator des magnetischen Feldes beschrieben. Nach der Darlegung der physikalischen Prinzipien wird die Schaltung und die Arbeitsweise erörtert und mit der Messung der Kenndaten abgeschlossen.

DK 621.384.612

MIHĂILĂ, A.:

Das Synchrotron mit intensiver Fokussierung.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 3, S. 136—140

Es wird das Problem der intensiven Fokussierung in Teilchenbeschleunigern vom Typ Synchrotron dargelegt.

CHRONIK, S. 141—143

BUCHBESPRECHUNGEN, S. 144

SOMMAIRE

REDACTION :

L'automation de la production dans l'économie socialiste.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p, 97

CD 621—523 : 537.312.62

MOISIL, C. GR. :

Circuits à cryotrons

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 98—103

L'auteur décrit à l'aide de l'algèbre le fonctionnement du cryotron et fait l'analyse des circuits à cryotrons. On donne des éxemples de calcul.

CD 621—52 : 662.69 : 622.698

TUDOROIU, V. :

Automations concernant l'extraction, le transport et la distribution du gaz méthane.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 104—113

On éxamine les différents aspects du contrôle centralisé dans les domaines de l'extraction, du transport et de la distribution du gaz méthane.

CD 621—533.6 : 621.362.7 : 633.15

SAPŞA, M. :

L'installation de réglage de la température et de contrôle de la combustion, aux séchoirs de maïs.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 114—119

On décrit l'installation réalisée pour le réglage de la température et le contrôle automatique du fonctionnement du brûleur aux séchoirs de maïs. On traite deux variantes : à combustible liquide et à combustible gazeux.

CD 621.317.78.024 : 621.398

DUMA, M. et SÎRBU, M. :

Traducteur de puissance à courant continu, en régime de compensateur.

Automatica şi electronica III (1959) no. 3, p. 119—126

On décrit un traducteur de puissance à courant continu en régime de compensateur qui permet la transformation de la puissance en régime de courant continu avec une précision correspondant à la classe 1, et assure la possibilité de la transmission du courant continu à quelques dizaines de kilomètres distance ; il a un aspect constructif simple et peut être réalisé d'éléments standard produits en grande série.

CD 621.373.43 : 621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. et SCÎNTEIE, N. :

Générateurs d'impulsions de nanosecondes.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 126—130

On présente des générateurs d'impulsions du domaine des millimicrosecondes à lignes de formation et commutateur. On expose de façon critique trois types de commutateurs ainsi que les résultats expérimentaux propres obtenus par les auteurs.

CD 621.316.73 : 538.569.4 : 539.154.3

DRĂGHICESCU, M. et PASCARU, I. :

Stabilisateur de champ magnétique, basé sur la résonance magnétique nucléaire.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 130—135

On présente un stabilisateur de champ magnétique projeté et construit par les auteurs. Après l'exposition des principes physiques on décrit le schéma et le mode de fonctionnement en finissant avec la mesure de performances.

CD 621.384.612

MIHĂILĂ, A. :

Le synchrotron à focalisation intense.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 136—140

On expose le problème de la focalisation intense dans les accelérateurs de particules du type synchrotron.

CHRONIQUE, p. 141—143

COMPTES-RENDUS, p. 144

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZÁGOS
1959

CONTENTS

LEADER :

Automation of production in socialist economy

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 97

DC 621—523 : 537.312.62

MOISIL, C. GR. :

Circuits with cryotrons.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 98—103

An algebric description is made of the cryotron operation as a circuit element. Examples of application are given.

DC 621—52 : 662.69 : 622.698

TUDOROIU, V. :

Automation in the extraction, transportation and distribution of methane.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 104—113

Several aspects are examined of the centralised control in the extraction, transportation and distribution of methane.

DC 621—533.6 : 621.362.7 : 633.15

SAPŞA, M. :

Temperature and combustion control in maize drying installations.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 114—119

An installation is described for the temperature and combustion control of a burner maize drying. Two solutions are discussed : with liquid fuel and gas fuel.

DC 621.317.78.024 : 621.398

DUMA, M. and SÎRBU, M. :

A d.c. power transductor operating as compensator.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 119—126

A d.c. power transductor is described, operating as compensator, which allow-the translation of power into d.c. current, with a class an 1 precision, and pers mits the transmission of the d.c. current through physical circuits to distances of tens of kilometers. The apparatus is of a simple design and may be constructed with standard elements.

DC 621.373.43 : 621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. and SCÎNTEIE, N. :

Millimicrosecond impulse generators.

Automatica şi electromica, III (1959) no. 3, p. 126—130

Some impulse generators for the range of millimicroseconds are presented with forming lines and switching circuits. Three types of switching circuits are anaised as well as the experimental results obtained by the authors.

DC 621.316.73 : 538.569.4 : 539.154.3

DRĂGHICESCU, M. and PASCARU, I. :

Magnetic field stabilizer based on nuclear magnetic resonance.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 130—135

A magnetic field stabilizer is presented, designed and constructed by the authors. After the physical principles presentation, the circuit and operation are described Performance measurements are given.

DC 621.384.612

MIHĂILĂ, A. :

The synchrotron with intense focalization.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 3, p. 136—140

The problem of intense focalization is discussed, in particle accelerators of the synchrotron type.

CHRONICLE, p. 141—143

BOOKS, p. 144

SOCIETATEA POLONEZA DE COMERȚ EXTERIOR

WARSZAWA 2, CZACKIEGO 15/17
B. P. 254
TELEFON: 6-62-71
INTERNAȚIONAL: 10-415

„Elektrim"

Exportă

Voltmetre și ampermetre electromagnetice pentru tablouri

tip EM

În cutie rotundă de diametru
85 — 200 mm

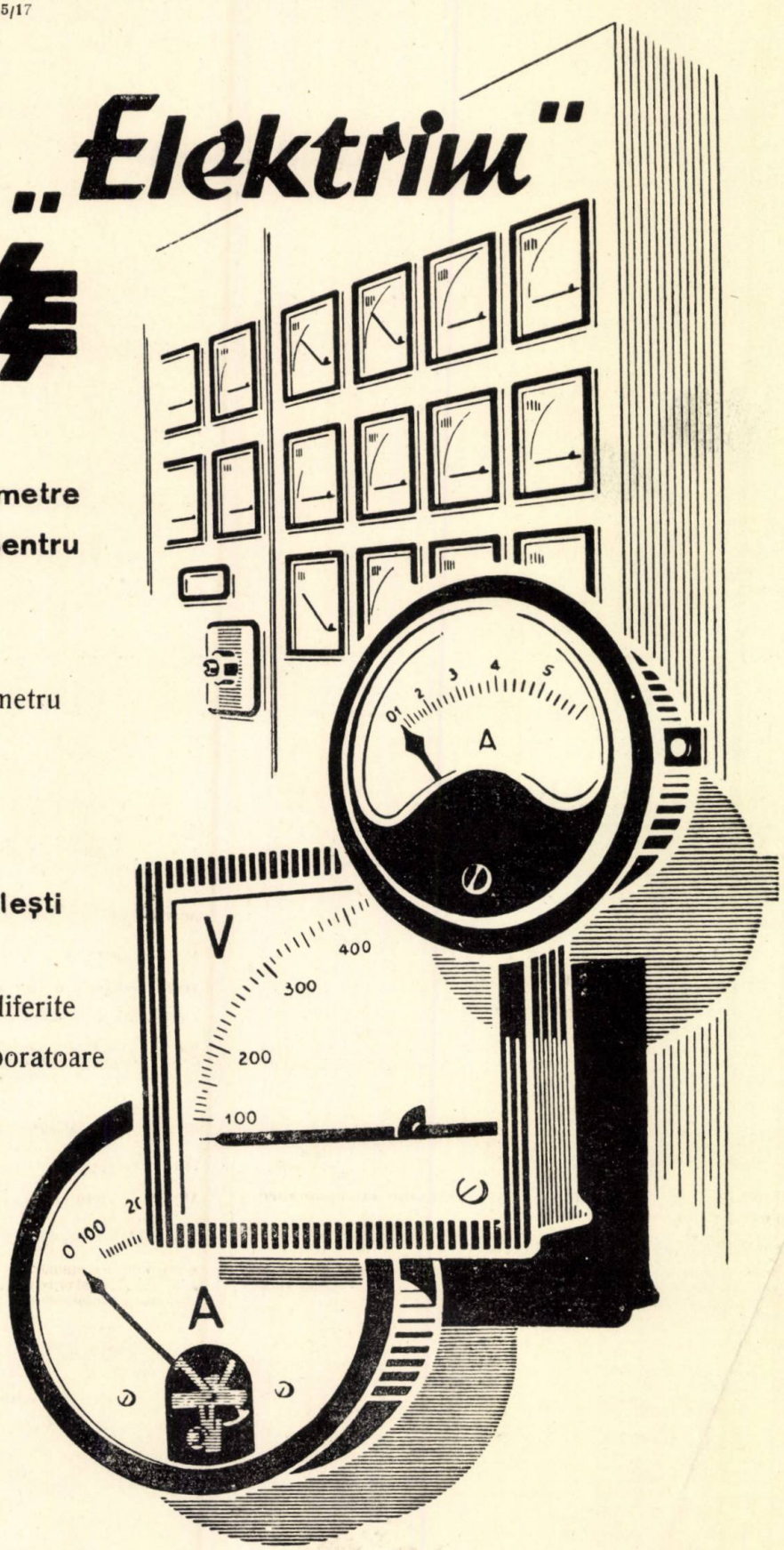
sau

în cutie pătrată

Ampermetre cu cleşti

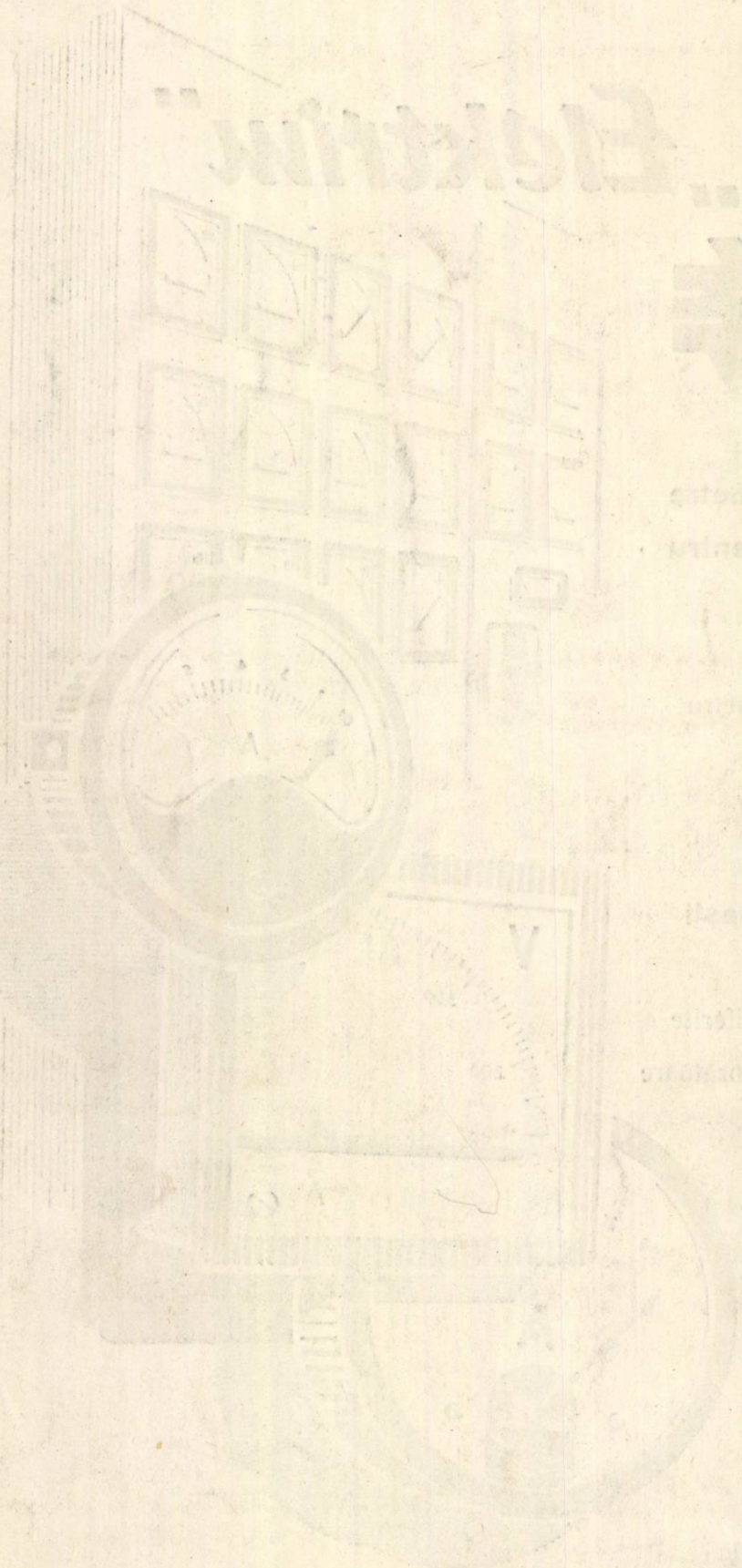
cum și

Aparate de măsură de diferite sensibilități pentru laboratoare



Pentru toate lămuririle adresați-vă la:

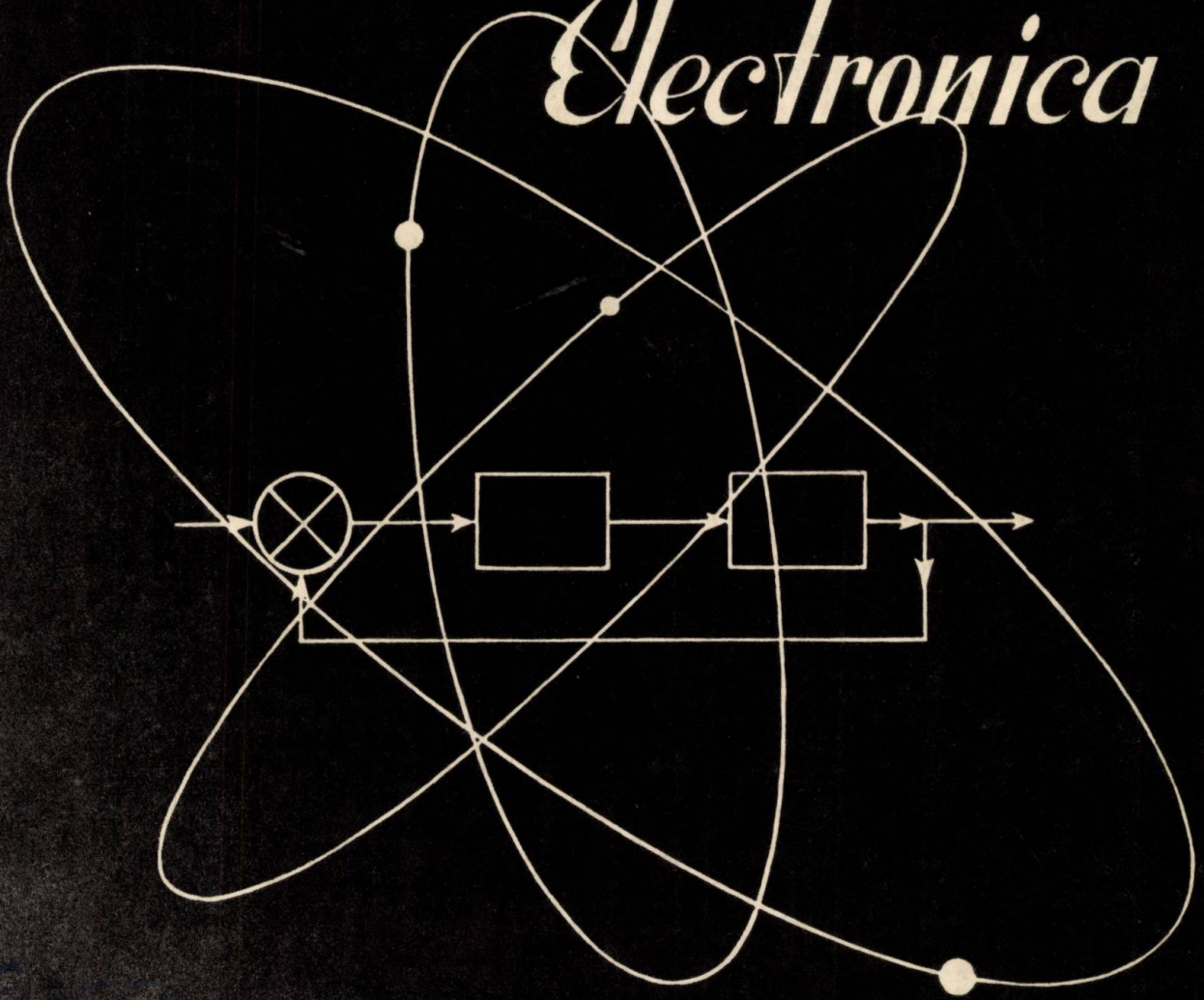
AMBASADA REPUBLICII POPULARE POLONE
CONSILIERUL COMERCIAL
BUCUREȘTI
Bd. I. V. Stalin 24



LEI 5

Ref. Kr. 59.X.20.

Automatica și Electronica



4
1959

EXTRAS DIN RECOMANDĂRILE PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

1. *Lucrări ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.*
2. *Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.*
3. *Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemena verificări.*
4. *Lucrări care au mai fost publicate integral sau parțial, nu pot fi trimise redacției spre publicare.*
5. *Un scurt rezumat fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.*
6. *În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a cea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.*
7. *Concluziile vor concentra rezultatele obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiilor posibile.*
8. *Anexele pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegeru formulelor din text; de asemenea în anexe se pot da exemple de calcul.*
9. *Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.*
10. *Nivelul articolelor va fi înalt.*
11. *Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe.*
12. *Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grije literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc.*
13. *Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele) speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet, (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteze), revista tomul, anul, numărul, paginile.*
14. *Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină).* Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.
15. *Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.*
16. *Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiunii, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.*
17. *Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.*
18. *Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris, în care caz ele cad în sarcina autorului.*

REVISTA „AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA". organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București. Str. Ion Ghica nr. 3, Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon: 16.78.78 – Administrația și Casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon 14.06.24. – Revista este editată de A.S.I.T. – Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor A.S.I.T. din întreaga țară, precum și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. – Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070.124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin București – Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual – Prețul unui exemplar: lei 5 Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. .2 București.

E 2551

Automatica și Electronica

Vol. III (1959) nr. 4 (iulie—august), p. 145 — 200.

SUMAR

EDITORIAL :

23 August 1959

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 145—146.

CZ 621—52 : 338.062.214 (R)

GHEORGHIU, I. S. :

Cercetările în domeniul automatizărilor industriale în R.P.R.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 147—151.

CZ 621.316.5 : 621.318.5 (R)

MOISIL, C. GR. :

Dezvoltarea în R.P.R. a teoriei algebrice a schemelor cu contacte și relee.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 152—160.

CZ 621—52 (R)

PAPADACHE, I. :

Probleme în legătură cu dezvoltarea automatizărilor în R.P.R.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 160—164.

CZ 621.37/.38.001.5 (R)

NICOLAU, EDM. :

Cercetările în electronică în R.P.R.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 164—170.

CZ 621.37/.38(09) (R)

DUMA, M. :

Electronica în sprijinul introducerii tehnicii noi în industria R.P.R.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 171—177.

CZ 539.1 : 621.039 (R)

NAHMAN, M. :

Fizica și tehnica nucleară în R.P.R.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 178—184.

CZ 539.1 : 621—52 : 621.37/.38 (S : R)

COLECTIV :

Prezențe romînești și realizări de automatică și electronică la Institutul unificat de cercetări nucleare de la Dubna.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 184—195.

CZ 621.039.8 (R)

ONCESCU, M. și ȘANDRU, P. :

Folosirea izotopilor radioactivi în țara noastră.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, p. 196—197.

CZ 62 :061.25.051 :338(R)02

RĂDACȚIA :

Zece ani de activitate ASIT în slujba construirii socialismului.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 4, 198—200.

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. III (p. 145—200) Nr. 4, iulie—august București, 1959

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

EDITORIAL

23 AUGUST 1959

CZ 32(R) – 355.1

Oamenii muncii din Republica Populară Romînă întîmpină cu entuziasm a 15-a aniversare a eliberării țării noastre de sub jugul fascist.

Victoria insurecției armate la 23 August 1944 a deschis o eră nouă în istoria țării noastre. Acest eveniment istoric a fost rodul luptei îndelungate a poporului nostru împotriva exploatării sociale, care s-a împletit cu lupta împotriva cotropitorilor străini, împotriva fascismului. În condițiile favorabile create de înaintarea armatei sovietice pe frontul din Moldova, Partidul Comunist Romîn a știut să mobilizeze masele și să le conducă spre victorie. Împotrivirea burgheziei și a moșierimii, încercările lor de a sabota revoluția populară au fost rînd pe rînd înfrînte și întreaga putere de stat a fost cucerită de către proletariat, în strînsă alianță cu țărănimea muncitoare.

Astfel, au fost asigurate, pentru prima dată în istoria țării noastre, suveranitatea și independența deplină, creîndu-se condițiile pentru o economie înfloritoare, baza materială a ridicării continue a nivelului de trai al întregului popor.

Proclamarea în decembrie 1947 a Republicii Populare Romîne a dat posibilitate poporului romîn ca sub conducerea partidului să înlăture dominația economică a burgheziei prin naționalizarea principalelor mijloace de producție, să formeze un puternic sector socialist în economie și să creeze condițiile pentru dezvoltarea planificată a economiei naționale. Trebuiau înfrînte greutățile obiective existente, lichidată înapoierea economică și distrugerile pricinuite de război, trebuia înlăturată repartizarea nerațională a forțelor de producție pe teritoriul țării. La toate acestea se adăugau și greutăți de ordin subiectiv, cum ar fi insuficienta pregătire tehnică a muncitorilor, numărul redus de cadre tehnice și muncitorești etc.

Economia națională avea un caracter semicolonial, care rezultă evident din balanța schimburilor comerciale : în 1938, materiile prime (petrol, cereale, lemn) reprezentau 91,6% din întregul export, iar produsele finite (mașini-unelte, scule, chiar produse textile și încălțăminte) reprezentau 75% din întregul import.

Industrializarea socialistă a țării noastre, care se realizează pe baza învățăturii marxist-leniniste, potrivit căreia industria grea — cu pivotul său industria constructoare de mașini — constituie premisa dezvoltării întregii economii naționale, asigură independența politică și economică a țării, constituie baza pentru transformarea socialistă a agriculturii. Specificul industrializării socialiste a R.P.R. constă în faptul că acest proces se desfășoară în condițiile existenței lagărului socialist mondial, ale relațiilor de tip nou dintre țările acestui lagăr. Se dezvoltă mai ales acele ramuri ale industriei grele pentru care există condițiile cele mai favorabile : industria petroliferă, industria siderurgică, industria chimică, producția de energie electrică, unele ramuri ale industriei constructoare de mașini.

Industrializarea socialistă a R.P.R. și, în general, dezvoltarea sa ca o țară independentă, s-a bazat în mare măsură pe ajutorul frățesc al țărilor socialiste și în primul rînd al U.R.S.S. Marea noastră vecină și prietenă ne-a redus substanțial datoriile de război, ne-a acordat credite însemnate pentru reconstrucția țării, ne-a livrat mari cantități de materii prime și utilaje industriale. Instalațiile unor termocentrale noi, ale uzinii cocso-chimice de la Hunedoara, ale fabricii de aglomerare a minereurilor, furnalele de 450 și 700 m³ de la Hunedoara, marele laminor de țevi de la Roman, fabrica de medicamente de la Iași, diferite instalații și utilaje petrolifere și multe alte obiective industriale de primă importanță au fost livrate de U.R.S.S. în cadrul acordurilor economice. Un aspect al ajutorului dat de U.R.S.S. îl constituie cele peste 500 de documentații tehnice, necesare în diferite ramuri ale economiei naționale, schimburile de brevete și procese tehnologice fără plată, documentațiile reprezentînd în general materialul integral pentru instalații complexe și utilaje. Peste 400 de specialiști s-au documentat în U.R.S.S. în cadrul acordurilor culturale și al schimburilor de experiență, numeroși tineri au studiat și s-au specializat în U.R.S.S. în domeniile cele mai importante pentru dezvoltarea economică și culturală a țării. Ceea ce caracterizează ajutorul sovietic este înaltul său nivel tehnic și condițiile deosebit de avantajoase în care este oferit. Ajutorul sovietic constituie un exemplu de relații internaționaliste pe bază de perfectă egalitate între țări mari și puternic dezvoltate industrial și țări mici, mai slab dezvoltate, dezmințind prin fapte născocirile revizioniste în acest sens.

Munca creatoare a poporului romîn, călăuzit de partidul său conducător, a transformat Romînia într-un timp istoricește foarte scurt, dintr-o țară agrară înapoiată, într-o țară industrial agrară, cu o industrie modernă, în plină dezvoltare. Sute de obiective industriale noi au fost construite, întreprinderile vechi au fost refăcute și modernizate pe baza tehnicii celei mai noi, iar ca urmare a acestui judicios efort volumul producției industriale pe un singur trimestru al anului 1959 este mai mare decît producția obținută în întreg anul 1938. Pe ansamblul industriei socialiste, productivitatea muncii crește în perioada 1955—1959 cu 31%, realizîndu-se un ritm mediu anual de creștere de peste 7%.

În anii democrației populare s-a dezvoltat în primul rînd industria constructoare de mașini, producția depășind de 7,5 ori producția realizată în 1938. Necesitățile dezvoltării economice ale R.P.R. sînt satisfăcute astăzi în proporție de peste trei pătrimi din producția internă.

Astăzi se produc multe tipuri de mașini și utilaje de înaltă tehnicitate, ca turboburul de foraj la mare adîncime, linii tehnologice de fabricat ciment, motoare electrice, turbine, transformatoare, aparataj de înaltă și joasă tensiune, centrale telefonice automate. Înnoirea tehnicii în țara noastră se face în tot mai mare măsură pe bază de utilaj și mașini realizate în țară. Nu numai că în cel de-al doilea cincinal 85% din utilajul cu care a fost înzestrată economia a fost produs în țara noastră, dar în prezent exportul de utilaj îl egalează în valoare pe cel de import.

Marile centrale electrice construite numai în primul cincinal produceau 75% din totalul puterii instalate de burghezie în timp de 70 de ani, iar în 1958 au produs de 6,5 ori mai multă energie decît în 1938. Industria electrotehnică, creație a regimului democrat-popular, furnizează peste 900 de produse variate, de la articole de uz casnic pînă la cele mai complicate motoare.

Noi furnale de mare capacitate s-au înălțat în „Cetățile de foc" ale Romîniei — Reșița și Hunedoara — astfel încît producția de oțel a țării a crescut de peste șase ori în raport cu nivelul antebelic. Numai furnalul de 700 m³ de la combinatul siderurgic Hunedoara dă o producție de 1,5 ori mai mare decît întreaga producție siderurgică a Romîniei realizată în 1938. Un rezultat deosebit de interesant al efortului creator al inginerilor și tehnicienilor noștri este obținerea cocsului metalurgic.

Republica Populară Romînă este singura ţară mică cu o însemnată industrie extractivă şi prelucrătoare de petrol, care fabrică şi utilajul necesar, atît pentru nevoile sale, cît şi pentru export. Utilajul petrolifer romînesc este cunoscut şi apreciat în numeroase ţări din lume. Chiar şi o ţară industrială ca Franţa importă utilaj petrolifer romînesc, pe care îl consideră ca fiind cel mai bun din Europa. Producţia de petrol aproape s-a dublat faţă de cea mai înaltă producţie anuală obţinută în trecut, dezminţind astfel teoriile false despre „declinul fatal" al producţiei petrolifere romîneşti, lansate de trusturile străine.

Marile bogăţii naturale ale ţării noastre sînt exploatate în mod raţional, contribuind la dezvoltarea unei puternice industrii chimice producătoare de îngrăşăminte complexe pentru agricultură, mase plastice, fire şi fibre sintetice, medicamente ş.a. Industria chimică a contribuit la asigurarea bazei tehnico-materiale necesare transformării socialiste a agriculturii prin mari cantităţi de îngrăşăminte chimice, necesare ridicării producţiei agricole la hectar, insecto-fungicide şi antidăunători.

În sectorul de industrializare a lemnului a intrat în funcţiune fabrica de plăci aglomerate din lemn, de la Brăila, Combinatul complex de industrializare şi valorificare superioară a lemnului de la Gălăuţaş, iar unul similar este în curs de construcţie la Tîrgu-Jiu.

Construcţiile industriale şi civile au căpătat o dezvoltare deosebită în aceşti ani, pentru a putea asigura spaţiul necesar noilor întreprinderi create şi pentru a îmbunătăţi condiţiile de trai ale oamenilor muncii. Se introduc pe scară largă procedee industriale în construcţii, cum sînt prefabricatele, panourile mari, blocurile. Industria materialelor de construcţii a crescut cantitativ şi în sortimente la nivelul necesităţilor economiei naţionale, creîndu-se şi disponibilităţi de export. În acelaşi scop, se obţin înlocuitori ai materialelor clasice de construcţie.

Industrializarea socialistă a R.P.R. a dus şi la înlăturarea repartiţiei neraţionale a forţelor de producţie pe tot cuprinsul ţării, contribuind astfel la dezvoltarea economică şi culturală a tuturor regiunilor. La Roman, la Bîrlad, la Botoşani, la Fălticeni s-au construit întreprinderi metalurgice şi textile, noi zăcăminte de petrol au fost descoperite în Oltenia.

În Dobrogea s-a construit termocentrala Ovidiu, în Regiunea Autonomă Maghiară s-a dat în funcţiune termocentrala Sîngiorgiu de Pădure, fabrica de lapte praf de la Remetea etc.

Agricultura Romîniei, în trecut înapoiată din punct de vedere tehnic, cunoaşte astăzi un însemnat progres. Sectorul socialist în agricultură reprezintă în prezent peste 67 % din suprafaţa arabilă a ţării şi a ajuns să cuprindă aproape 2,5 milioane familii. Investiţiile în agricultură în perioada 1956—1959, pentru crearea unei puternice baze tehnico-materiale, s-au ridicat la 8,7 miliarde lei. Peste 47 000 tractoare convenţionale de 15 CP, peste 8 000 combine, zeci de mii de alte maşini agricole lucrează ogoarele ţăranilor cooperativizaţi. Se extind din ce în ce mai mult lucrările de hidroamelioraţii şi desecări, în scopul măririi suprafeţei cultivabile. La această acţiune importantă participă zeci de mii de ţărani muncitori prin muncă patriotică, pe şantierele ce s-au deschis în acest scop în toate regiunile ţării.

Decretul privind lichidarea oricărei forme de exploatare are o deosebită semnificaţie şi importanţă pentru transformarea socialistă a agriculturii noastre.

În toate ramurile de producţie şi cu precădere în noile unităţi industriale se realizează mecanizarea complexă şi automatizarea proceselor de producţie, pentru asigurarea unei creşteri substanţiale a producţiei şi a productivităţii muncii, pentru crearea de condiţii mai bune de lucru muncitorilor.

Paralel cu creşterea rapidă a producţiei industriale, prin eforturile susţinute ale muncitorilor, tehnicienilor, inginerilor şi funcţionarilor, în perioada 1956—1959 s-a realizat pe ansamblul industriei republicane o reducere a preţului de cost cu 12 %.

Ca urmare a creşterii producţiei şi a reducerii preţului de cost, prin Hotărîrea plenarei C.C. al P.M.R. din 13—14 iulie a.c. se prevede reducerea impozitelor, majorarea salariilor şi a pensiilor de toate categoriile, cum şi reducerea preţurilor la peste 2 600 sortimente, ceea ce asigură oamenilor muncii din ţara noastră un spor net de venituri de 4,7 miliarde lei anual, adică o sporire peste salariul actual, în medie, cu 14 %. În raportul prezentat de tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej la această plenară se spune că „Salariul real al muncitorilor, tehnicienilor şi funcţionarilor va fi, pe întregul an 1959, cu peste 30 % mai mare faţă de 1955. Prin aceasta, sarcina trasată de Congresul al II-lea al Partidului cu privire la creşterea salariului real se realizează şi se depăşeşte mai devreme cu un an".

Dezvoltarea economică a R.P.R. a impus realizarea revoluţiei culturale ca parte integrantă a construirii socialismului. Construirea socialismului cere în mod imperios oameni culţi, cu nivel ideologic şi tehnic ridicat, intelectuali şi cadre tehnice ataşate cauzei socialismului, care să ţină pasul cu cele mai noi cuceriri ale tehnicii. Masele largi de oameni ai muncii sînt chemate să-şi dea contribuţia la rezolvarea problemelor tehnice. Învăţămîntul de toate gradele — premisă importantă în formarea omului nou — a fost restructurat şi reorganizat pe baze ştiinţifice şi într-o strînsă legătură cu practica.

Reorganizarea cercetării ştiinţifice constituie o parte integrantă a revoluţiei culturale în R.P.R. Vechea Academie Romînă a fost transformată, în 1948, într-o instituţie ştiinţifică dinamică şi vie, care promovează principii noi în activitatea ştiinţifică. Pe lîngă Academia R.P.R. şi departamente funcţionează numeroase institute de cercetări, în care mii de oameni de ştiinţă şi tehnicieni rezolvă cele mai importante probleme tehnico-ştiinţifice ridicate de practica construirii socialismului. Activitatea creatoare de la noi are un caracter de masă. Iniţiativele inovatorilor şi raţionalizatorilor noştri sînt un exemplu al atitudinii noi faţă de muncă, al capacităţii creatoare a maselor muncitoare, ridicate la o înaltă competenţă tehnică.

Inovatorii şi raţionalizatorii sînt — aşa cum îi denumeşte tovarăşul Gheorghe Gheorghiu-Dej — colaboratorii cei mai valoroşi ai corpului tehnico-ingineresc. Ei contribuie la găsirea soluţiilor tehnice pentru mărirea randamentului maşinilor şi agregatelor, în vederea creşterii productivităţii muncii şi reducerii preţului de cost.

În cei zece ani de cînd a fost înfiinţată, ASIT şi-a îndeplinit cu cinste sarcina sa principală de a crea o mişcare de masă pentru aplicarea metodelor şi procedeelor tehnice cele mai avansate, precum şi de a contribui la organizarea ştiinţifică a producţiei, la ridicarea nivelului tehnic general. ASIT nu şi-a limitat activitatea numai la recomandarea diferitelor soluţii tehnice, ci a militat activ pentru introducerea lor în practică.

În acţiunea de sprijinire a progresului tehnic şi a ridicării nivelului cunoştinţelor tehnice ale cadrelor, ASIT a elaborat Lexiconul Tehnic Romîn şi editează reviste tehnice pe ramuri de producţie, cum şi o gazetă tehnică.

Succesele obţinute în construcţia economică şi în dezvoltarea ştiinţei şi tehnicii în ţara noastră dovedesc justeţea politicii leniniste a partidului, capacitatea clasei muncitoare, a ţărănimii muncitoare şi a intelectualităţii devotate poporului de a construi noua societate, dovedesc ataşamentul întregului popor faţă de cauza socialismului. Ele se datoresc şi colaborării dintre ţările socialiste în cadrul sistemului economic mondial socialist. Relaţiile dintre ţările socialiste sînt relaţii de tip nou, ce se bazează pe comunitatea de interese, pe acelaşi sistem politic şi economic.

Principiile care stau la baza lagărului socialist determină apariţia unei noi diviziuni internaţionale a muncii, care se realizează în mod planificat, pe baza colaborării şi a determinării ştiinţifice a proporţiilor celor mai favorabile pentru toate ţările care construiesc socialismul. În cadrul Consiliului de Ajutor Economic Reciproc — CAER — de la a cărui înfiinţare s-au împlinit zece ani, se pun de acord planurile de dezvoltare a economiilor naţionale, pe baza specializării producţiei industriale şi agricole, se coordonează investiţiile capitale, evitîndu-se astfel paralelismul inutil în fabricarea unor produse, obţinîndu-se eficacitatea economică cea mai mare

Realizările obţinute de poporul nostru în cei 15 ani ai puterii populare şi perspectivele ce se deschid însufleţesc oamenii muncii, conduşi de partid, spre obţinerea de noi victorii în construcţia socialistă.

Inginerii şi tehnicienii din ţara noastră, încadraţi în Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor, alături de toţi oamenii muncii, îşi aduc contribuţia lor la construirea socialismului în patria noastră şi la ridicarea nivelului de trai, material şi cultural.

Încadrată în marea familie a popoarelor socialiste, ţara noastră constituie un factor activ în asigurarea coexistenţei paşnice, în lupta pentru consolidarea păcii în lumea întreagă.

Ion S. Gheorghiu *)

Cercetările în domeniul automatizărilor industriale în R.P.R.

CZ 621–52 : 338.062.214(R)

Automatizarea proceselor industriale constituie în economia socialistă o linie promovată în mod conştient pe o scară largă.Condiţiile economiei socialiste favorizează în mod deosebit această automatizare deschizînd astfel perspective nelimitate pentru creşterea productivităţii muncii şi deci a bunăstării poporului. În ţările socialiste, în care nu există crize şi şomaj, automatizarea complexă produce muncitorilor o satisfacţie morală, o creştere a nivelului de trai. uşurează munca şi îi ridică calificarea ducînd la lichidarea deosebirilor esenţiale dintre munca fizică şi cea intelectuală. Automatizarea pe o scară largă a proceselor de producţie constituie un pas foarte important al societăţii socialiste pe drumul spre comunism.

Dezvoltarea automatizării producţiei este legată în mod strîns de cercetarea ştiinţifică. Această cercetare se referă atît la teoria generală a sistemelor automate cît şi la probleme legate mai direct şi imediat de producţia industrială. În cazul introducerii automatizării complexe nu se poate separa modernizarea procesului tehnologic al producţiei, de cercetări cu caracter ştiinţific asupra posibilităţilor de automatizare ale acestui proces tehnologic. Oamenii de ştiinţă şi inginerii elaborînd proiectele întreprinderilor automate au în faţa lor necesitatea organizării cercetărilor complexe care unesc eforturile specialiştilor din diferite domenii.

Cercetarea ştiinţifică şi tehnică în domeniul automatizărilor este de dată recentă în R.P.R. şi ea a fost declanşată de amploarea investiţiilor industriale prevăzute în planurile cincinale. Această cercetare a pornit, cum era şi de aşteptat, în condiţii dificile atît din cauza lipsei de cadre cu o specialitate în acest domeniu cît şi din lipsă de mijloace tehnice adecvate cercetării ştiinţifice — aparate şi laboratoare.

În această perioadă 1950—1959, datorită pe de o parte instalaţiilor industriale moderne cuprinzînd un nivel de automatizare corespunzător epocii, din care cele mai multe executate cu sprijinul specialiştilor sovietici, cît şi formării de cadre proprii în şcolile din U.R.S.S. sau din ţară s-au creat condiţii mai favorabile pentru începerea cercetărilor în domeniul automatizărilor industriale. Deşi efectuîndu-se într-un ritm crescînd, totuşi considerăm că această activitate este încă insuficientă şi trebuie să i se dea un impuls important.

Ne propunem ca în cadrul acestui articol să facem mai întîi o prezentare a preocupărilor şi realizărilor din domeniul automatizărilor din R.P.R. în perioada 1950—1959 şi apoi să tragem unele concluzii asupra programului de viitor pentru activitatea de cercetare în automatică.

Vom începe cu cercetările asupra problemelor prezentînd în primul rînd un interes teoretic. Pentru a da o imagine de ansamblu vom comunica că în cadrul consfătuirii din 1957 privind automatizările industriale, din totalul de 102 comunicări, 25 se referă la cercetări ştiinţifice sau tehnice realizate în cadrul diferitelor institute din ţară.

În domeniul teoretic, cele mai multe lucrări de cercetare s-au realizat în cadrul Institutului de matematici, Institutului de energetică şi al Institutului Politehnic din Bucureşti şi s-au referit la cele mai noi probleme din domeniul teoriei sistemelor automate. În cîteva cazuri asemenea studii s-au realizat şi în cadrul secţiilor de automatică de la institutele de cercetări şi proiectări departamentale.

Cercetările în teoria algebrică a mecanismelor automate s-au dezvoltat în ţara noastră, la iniţiativa acad. Gr. C. Moisil avînd ca bază cartea lui M. A. Gavrilov „Teoria schemelor cu contacte".

Prin cicluri de conferinţe ţinute în faţa inginerilor sub egida Institutului de matematică al Academiei R.P.R., cît şi prin lecţiile ţinute la Facultatea de matematică şi fizică a Universităţii C. I. Parhon din Bucureşti, interesul stîrnit pentru această teorie a făcut ca în jurul acad. Gr. C. Moisil să se închege un colectiv care continuă în mod statornic să studieze cele mai diverse probleme legate de această teorie. Acest colectiv a obţinut succese însemnate ilustrate atît prin numărul mare de lucrări publicate cît şi prin participarea activă a întregului nucleu al acestui colectiv la lucrările Conferinţei de la Moscova din 3—10 octombrie 1957 referitoare la funcţionarea schemelor cu contacte şi relee.

Interesul manifestat în ţara noastră pentru această teorie s-a concretizat în faptul că în 1955 ţara noastră se afla pe locul al treilea după S.U.A. şi U.R.S.S. în ceea ce priveşte numărul de lucrări publicate.

În cadrul colectivului de ecuaţii diferenţiale al Institutului de matematici, se studiază şi aspectele matematice ale problemelor de automatică care sînt exprimate cu asemenea ecuaţii.

În domeniul teoriei sistemelor automate neliniare s-au obţinut criterii de stabilitate absolută pentru cazul în care sistemul cuprinde o singură neliniaritate neunivocă. Criteriile astfel stabilite sînt superioare acelora cunoscute azi. De asemenea s-au făcut studii cu rezultate interesante asupra sistemelor automate cuprinzînd reactoare nucleare (colectiv M. V. Popov).

În cadrul sistemelor automate liniare s-au obţinut simplificări ale criteriilor analitice de stabilitate cunoscute. Sînt în curs cercetări

*) Acad. prof. I. S. Gheorghiu este preşedintele Comisiei de automatizare a Academiei R.P.R.

asupra calităţii sistemelor neliniare, precum şi asupra aplicării metodelor matriciale în studiul acestor sisteme (colectiv M. RACOVIŢĂ).

Rezultatele obţinute prin cercetările de mai sus au fost publicate în diferite reviste de specialitate şi au fost utilizate de cercetătorii din străinătate.

S-au efectuat studii asupra elementelor de automatizare pentru scheme monofazate, servomotoare bifazate cu rotor în formă de pahar, amplidine (AL. FRANSUA).

Trebuie de asemenea să semnalăm în această categorie unele rezultate obţinute de colectivul de automatişti lucrînd la IPROMET în legătură cu metodele de calcul pentru construirea proceselor tranzitorii la sisteme cu caracteristici liniare frînte (colectiv D. DAMSKER).

În domeniul teoriei elementelor sistemelor automate, în cadrul Academiei Tehnice Militare s-au pus la punct metode pentru proiectarea amplificatorilor operaţionali precum şi pentru sistemul de reglare automată a nulului din aceşti amplificatori. S-au studiat şi realizat în cadrul aceleiaşi Academii simularea cu ajutorul unei maşini analogice a unui sistem de urmărire (R. M. CONSTANTINESCU şi S. SCHĂCHTER).

De asemenea în cadrul Institutului de studii şi proiectări energetice (ISPE) s-au făcut studii de automatizări şi telemecanică privind sistemele energetice (colectiv prof. C. PENESCU).

În domeniul maşinilor de calcul, primele studii pentru maşinile electronice numerice au început în 1953. Scopul urmărit a fost obţinerea unei experienţe în acest domeniu de înaltă tehnicitate şi realizarea practică a unei maşini pentru necesităţile ştiinţifice şi tehnice din ţara noastră.

Rezultatul acestei acţiuni a fost proiectarea maşinii electronice CIFA 1 care a fost prezentată la colectivul internaţional de matematică, ţinut la Dresda în noiembrie 1955. Construcţia maşinii a fost terminată în 1957, iar un an mai tîrziu a intrat în exploatare regulată.

A fost de asemenea studiată şi realizată o maşină perfecţionată CIFA 2, care va fi terminată în cursul acestui an.

S-au început de asemenea studii în vederea realizării unei maşini de tip serie (colectiv V. TOMA).

Existenţa unei maşini electronice a pus probleme noi de matematici aplicate, în vederea folosirii maşinii în scopuri practice. Deşi în acest domeniu, al programării problemelor, nu a existat niciun fel de experienţă, totuşi sarcina a fost îndeplinită cu succes de un grup de tineri matematicieni şi ingineri (colectiv D. VAIDA şi I. ZAMFIRESCU).

Printre problemele rezolvate în prezent cu ajutorul maşinii CIFA 1 se numără : sisteme de ecuaţii liniare, tabele de funcţiuni, sisteme de ecuaţii diferenţiale, probleme cu caracter statistic, probleme de logică matematică etc.

Această maşină de calcul a fost utilizată de numeroase întreprinderi şi institute din ţară în legătură cu problemele de cercetări respective.

Cercetările şi realizările de mai sus s-au făcut în cadrul Institutului de fizică atomică.

Maşini analogice au fost studiate şi construite în cadrul Institutului de energetică al Academiei Tehnice Militare. Caracteristicile acestor maşini de calcul analogice sînt următoarele :

În primul caz — 30 de amplificatori operaţionali prevăzuţi cu un dispozitiv de reglare automată a nulului ; 16 transformatoare funcţionale realizate în scheme de diode (colectiv R. M. CONSTANTINESCU, MUNTEANU, S. SCHĂCHTER).

Maşina de calcul analogică a Institutului de energetică cuprinde un grup operaţional (1/2 din maşină), 8 amplificatori operaţionali, 4 amplificatori dubli pentru transformatori funcţionali, 4 transformatoare funcţionale şi un bloc de comandă electronică (colectiv S. SCHĂCHTER).

În cadrul institutelor de cercetări departamentale, precum şi în cadrul unor institute de proiectări s-au făcut de asemenea cercetări cu caracter aplicativ în domeniul automaticii, precum şi realizări de aparatură automatică şi control tehnologic pe baze moderne.

În cele ce urmează vom face o trecere în revistă a principalelor lucrări din acest domeniu :

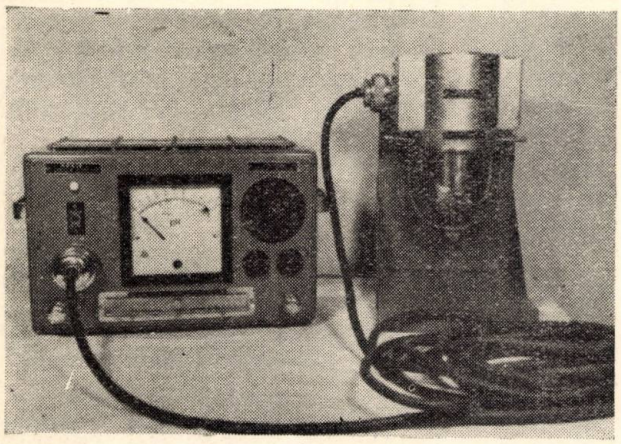
La Institutul de cercetări electrotehnice (ICET) au fost efectuate lucrări de cercetare în domeniul electrometriei — tehnica măsurării cu consum redus de putere a unor diferenţe mici de potenţial electric — problemă care se pune cu acuitate în controlul şi automatizarea a numeroase procese industriale.

A fost studiată realizarea de electrometre electronice cu amplificatoare în curent continuu şi pe această bază a fost construit un *p*H-metru electronic pentru măsurarea continuă a concentraţiei ionilor de hidrogen în lichide necesare automatizărilor din industria energetică, chimică, alimentară etc.

În continuarea acestor lucrări de cercetare au fost elaborate electrometre electronice cu modulatoare de diferite tipuri şi amplificatoare de curent alternativ în vederea asigurării unei stabilităţi şi precizii de funcţionare superioară. Astfel, prin elaborarea şi realizarea în R.P.R. a unui electrometru cu condensator vibrant, s-a trecut la realizarea unei aparaturi de măsurare din mers a benzii de oţel de laminoare cu ajutorul izotopilor radioactivi pentru industria noastră siderurgică. De asemenea s-au realizat mai multe tipuri de modulatoare magnetice, necesare în aparatura de reglare automată a proceselor termice (colectiv H. HERŞCOVICI).

Interconectarea pe plan naţional a sistemelor de energie electrică şi deci crearea de sisteme

energetice complexe, a impus trecerea la conducerea centralizată, din puncte de dispecer, a procesului de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice. Aceasta a pus problema utilizării cu mijloace tehnice moderne a



*p*H—metru electronic realizat la ICET.

instalaţiilor de dispecer, în vederea asigurării unei operativităţi ridicate, cît şi în vederea reducerii personalului de exploatare.

Aparatura de telemăsură ce se utilizează în aceste cazuri este o aparatură de complexitate ridicată, cu condiţii speciale de stabilitate şi siguranţă în funcţionare. Elaborarea în R.P.R. a acestei aparaturi de telemăsură a fost bazată pe o muncă aprofundată de cercetare efectuată în cadrul Institutului de cercetări electrotehnice, care a avut ca rezultat realizarea unei game complete de aparataj pentru telemăsura diferitelor mărimi electrice. Soluţiile adoptate, cuprinzînd şi numeroase părţi originale, sînt axate pe elemente şi subansamble fabricate de industria noastră electrotehnică şi aparatura realizată se distinge prin simplitate, robusteţe şi precizie. Prezentată la Consfătuirea unională de telemecanică din Leningrad în mai 1958, aparatura a fost primită cu interes de către specialiştii sovietici (colectiv M. DUMA).

Înlocuirea releelor electromecanice cu elemente statice fără contacte, prezintă o importanţă deosebită în aparatura modernă de automatică şi telemecanică. Acest lucru permite mărirea considerabilă a siguranţei în exploatare şi a duratei de serviciu a aparaturii, reducerea cheltuielilor de exploatare, reducerea costului, a greutăţii şi gabaritelor aparaturii etc.

Lucrările de cercetare efectuate de ICET în acest domeniu au fost axate în ultimul timp pe studierea şi obţinerea celor mai avantajoase elemente fără contacte care pot fi utilizate în diferite scheme de comutaţie. Pe baza elementelor magnetice cu ciclu de histerezis dreptunghiular realizate în institut şi a elementelor semiconductoare (diode şi triode cu germaniu şi siliciu) s-au cercetat şi realizat o serie de circuite care pot fi utilizate în instalaţii de telecomandă şi telesemnalizare şi în alte instalaţii de automatică şi telemecanică, cît şi în telefonia automată, maşini de calcul numerice etc.

Pe baza cercetărilor efectuate s-a început elaborarea unor instalaţii de telecomandă şi telesemnalizare cu aplicaţii largi în sistemele energetice, sectorul siderurgie, conductele magistrale de petrol şi gaze, reţele de distribuţie a gazelor naturale etc. (colectiv M. SÎRBU).

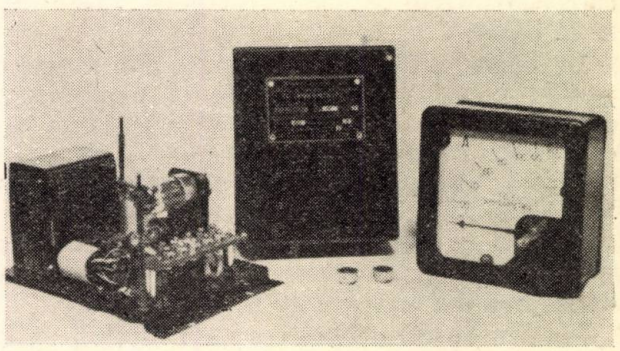
Defectoscopul cu ultrasunete studiat şi realizat la ICET este un aparat complex destinat detectării defectelor (fisuri, neomogenităţi) în piesele metalice şi ceramice şi măsurării constantelor elastice (ex. module de elasticitate) ale diferitelor materiale (mai ales ceramice).

Caracterul universal al aparaturii (extinderea domeniului de defectoscopie la materiale cu structuri diferite şi cumularea funcţiei de aparat de măsură) a impus alegerea unei scheme complexe în ceea ce priveşte raportul de coordonare funcţională a diverselor subunităţi cît şi în ce priveşte structura de detalii a subunităţilor.

Circuitele de măsură au implicat asimilarea procedeelor specifice radiolocaţiei şi adaptarea lor la condiţiile caracteristice de măsurare cu ultrasunete. Aceasta a necesitat efectuarea unor lucrări de cercetare în ceea ce priveşte structura de ansamblu a aparaturii cît şi în rezolvarea unor probleme locale de fixare şi reglare a schemei unor elemente componente (colectiv, I. FELEA).

La Institutul de fizică atomică s-au studiat unele probleme de automatizare care aveau legătură cu activitatea de cercetare în domeniul fizicii şi tehnicii nucleare.

Trebuie menţionate astfel unele aparate complicate, necesare cercetărilor de fizică nucleară,

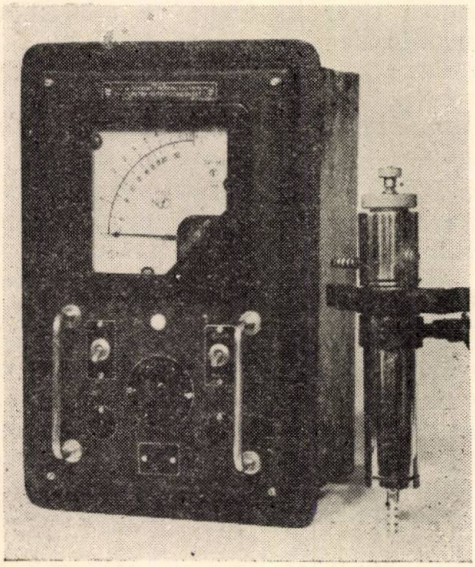


Teleampermetru pentru circuit fizic realizat la ICET.

executate la Institutul de fizică atomică şi care cuprinde o bună parte de automatizare, realizată în special prin mijloace electronice : selectori de neutroni, analizori de amplitudine, spectrometru beta şi cu cristal, circuite pentru comanda

automată a camerei Wilson, circuite pentru betatron etc.

Un alt domeniu al automatizărilor în care se lucrează la I.F.A. şi care se va dezvolta mai mult în viitor îl constituie automatizările de



Salinometru electronic pentru condensat realizat la ICET.

procese industriale, folosind sursele de radiaţii şi în special izotopii radioactivi.

În această direcţie se studiază o serie de aparate şi metode tip pentru automatizarea proceselor de producţie.

În cadrul institutelor departamentale de cercetări şi proiectări s-au făcut studii şi cercetări atît în ce priveşte unele elemente componente ale circuitelor de reglare cît şi pentru automatizări de procese tehnologice care se realizau pentru prima oară în ţară la noi.

În cele ce urmează vom enumera principalele cercetări intrînd în aceste categorii, executate la IPROMET şi ICET.

În domeniul industriei siderurgice s-a studiat pentru furnalul de 50 m³ de la Combinatul siderurgic Gh. Gheorghiu-Dej acţionarea în curent alternativ pentru toate fazele de automatizare ale procesului tehnologic (colectiv D. DAMSKER, N. IONESCU, V. GELES).

Pentru acţionările laminoarelor s-a studiat şi pus la punct un ansamblu de automatizare după program şi secvenţă a comenzilor.

S-au întreprins cercetări experimentale asupra reglării automate a grupului generator-motor cu comenzi prin amplidine, cu scopul de a se pune la punct şi a se verifica metode inginereşti de calcul pentru asemenea sisteme.

În cadrul acestor lucrări s-a elaborat metode de calcul analitice şi grafico-analitice şi s-a stabilit formula generală a funcţiei de transfer a agregatului generator-motor. În legătură cu această problemă s-au pus la punct şi metode de reglare optimală ale sistemelor.

În vederea perfecţionării şi lărgirii automatizării acţionărilor electrice s-au efectuat cercetări teoretice şi experimentale asupra amplificatoarelor magnetice. Cu amplificatorii amintiţi s-au făcut experimentări pe scheme de reglare, şi metodele pentru stabilirea sistemelor de reglare şi-au găsit aplicaţie în automatizarea diesel-electrică aplicată pentru acţionarea în căile ferate.

Automatizări care au necesitat studii prealabile întocmirii proiectelor respective sînt următoarele :

Acţionările electrice ale laminorului de platine de la Oţelul Roşu ;

Acţionările şi automatizările laminoarelor de tablă subţire de la Uzinele Cristea Niculae-Galaţi ;

Maşina de turnat fontă pe banda de la Hunedoara ;

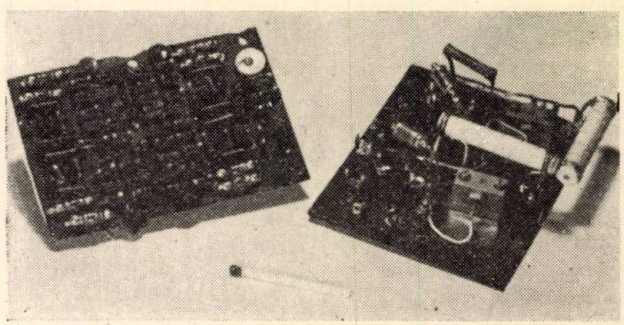
Încărcarea automată cu bandă a furnalelor de 450 m³.

(Colectivele care au lucrat la cele de mai sus în cadrul IPROMET au fost formate din : GEORGESCU P., IONESCU N., ALMĂŞANU L., GELES V., FLEISCHER R., DABIJA D., DOBRIAN Gh., WEINRICH G.)

În domeniul industriei chimice, deşi numeroase instalaţii automate au fost realizate pe baza proiectelor sovietice şi importate odată cu utilajul respectiv, au fost realizate automatizări în urma studiilor prealabile făcute în ţară la IPROCHIM (colectiv I. SZECKELI, V. CRĂCIUNOIU) şi care au precedat executarea lor industrială, din care menţionăm :

Cuptoare tunel Carbochim, Cluj şi Tîrnăveni ;

Încălziri electrice la fabrica de răşini sintetice.



Circuite de comutaţie cu elemente statice : stînga — decadă de numărare a impulsurilor cu tranzistori.

Pentru nevoile instalaţiilor de automatizare sau control tehnologic centralizat s-au studiat, în cadrul Ministerului Industriei Petrolului şi Chimiei numeroase aparate pe principii noi şi care s-au realizat în mică serie.

Dintre acestea citǎm urmǎtoarele :

Silometru electronic pentru mǎsurarea capacitǎţii în silozuri, recipiente şi depozite ;

Dispozitive electronice de mǎsurare a nivelului lichidelor cu bobine de inductanţǎ ;

Aparate de telecomandǎ şi telemǎsurǎ de temperaturǎ şi presiune în autoclave reactoare ;

Umidometre pentru materiale în pulbere sau granule ;

Analizor sonic pentru gaze prin variaţia vitezei de propagare ;

Aparat electronic pentru detectarea opririi axelor în rotaţie lentǎ.

În douǎ din domeniile industriale importante din ţarǎ şi anume industria petroliferǎ şi industria gazului metan s-au întreprins studii detaliate în vederea automatizǎrii complete a lor. Aceste studii au cuprins extracţia, transportul şi distribuţia gazului metan (colectiv I. PAPADACHE, L. WEXLER, V. TUDOROIU) precum şi extracţia şi transportul produselor petrolifere (colectiv V. CONSTANTINESCU, S. SOCOL, EVGHENIDE). Automatizǎrile din acest domeniu ridicǎ numeroase probleme legate de telemǎsurǎ şi telecomenzi. Aparatura, realizatǎ pe baza acestor studii, este în curs de experimentare în industria petroliferǎ. În ce priveşte industria gazelor naturale, ca o consecinţǎ a acestor studii este în curs echiparea unor conducte magistrale de gaz cu instalaţii de telemǎsurǎ şi telecomandǎ privind transportul la mare distanţǎ.

Problema automatizǎrii cîmpurilor de extracţie a gazelor naturale a fost de asemenea studiatǎ de colective care au realizat aparaturǎ de comandǎ prin cod şi un parc de extracţie ce se echipeazǎ actualmente pentru experimentare cu aparaturǎ de acest tip.

Un alt domeniu în care a existat o preocupare activǎ pentru automatizare este acela al cǎilor ferate, şi aceasta în douǎ direcţii diferite. Pe de o parte s-a realizat în ţarǎ aparaturǎ pentru comenzi centralizate a dirijǎrii trenurilor pe bazǎ de documentare tehnicǎ obţinutǎ din U.R.S.S. şi completatǎ cu unele studii realizate în ţarǎ. În aceastǎ direcţie un vast program de echipare a staţiilor cu comenzi centralizate este în curs şi va fi înfǎptuit cu elemente realizate în întregime în ţarǎ. O altǎ direcţie în care au fost preocupǎri de automatizare este aceea a tracţiunii diesel-electrice. Ca urmare a studiilor fǎcute de douǎ colective diferite (colectiv D. DAMSKER şi colectiv D. FINŢESCU, R. ZǍRONI) s-au realizat în ţarǎ echipamente de automotoare diesel-electrice cu scheme de funcţionare reprezentînd un progres faţǎ de tehnica mondialǎ în acest domeniu. Pe baza acestor studii şi experimentǎri s-au realizat asemenea automotoare care au intrat în traficul normal al cǎilor ferate din ţarǎ.

Problema automatizǎrilor industriale capǎtǎ o extindere continuǎ în ţarǎ. Trebuie sǎ citǎm în aceastǎ privinţǎ urmǎtorul paragraf din expunerea fǎcutǎ de tovarǎşul Gh. Gheorghiu-Dej la şedinţa plenarǎ a C.C. al P.M.R. din 26—28 noiembrie 1958 :

„Mecanizarea complexǎ şi automatizarea proceselor de producţie, va trebui sǎ ia o extindere din ce în ce mai mare în industria siderurgicǎ, în construcţii de maşini, în chimie, petrol şi gaze, în industria alimentarǎ. În legǎturǎ cu aceasta trebuie intensificate lucrǎrile începute pentru realizarea într-un timp scurt a semiconductorilor pe bazǎ de materii prime din ţarǎ ; dezvoltarea acestei ramuri înaintate a tehnicii va contribui la punerea în producţie a aparaturii necesare automatizǎrii proceselor de producţie".

Vom încheia aceastǎ trecere în revistǎ a realizǎrilor din R.P.R. în domeniul automatizǎrilor industriale cu unele propuneri şi cu o expunere sumarǎ a perspectivelor de viitor.

Una din dificultǎţile din acest domeniu este creatǎ de faptul cǎ fiind vorba de o ştiinţǎ nouǎ nu se dispune încǎ de tehnicieni calificaţi în numǎr suficient. Un sprijin important în aceastǎ direcţie s-a obţinut prin formarea de ingineri specialişti în domeniul automaticii în şcolile politehnice din U.R.S.S.

Învǎţǎmîntul automaticii s-a introdus de asemenea într-o proporţie crescîndǎ în învǎţǎmîntul politehnic din ţarǎ. Amploarea prevǎzutǎ pentru introducerea automatizǎrilor în producţie precum şi activitatea de proiectare a instalaţiilor automate şi a elementelor, face necesarǎ o preocupare extinsǎ pentru formarea de cadre tehnice specializate în aceste institute politehnice.

Pe de altǎ parte introducerea automatizǎrilor în industrie este legatǎ de dezvoltarea cercetǎrilor ştiinţifice la nivel superior. Aceste cercetǎri trebuie sǎ cuprindǎ aspectele teoretice ale automaticii, teoria maşinilor de calcul, teoria informaţiei, precum şi aspectele de cercetare în legǎturǎ cu stǎpînirea mai precisǎ a proceselor tehnologice în legǎturǎ cu automatizarea lor. De asemenea, astfel de cercetǎri trebuie sǎ se extindǎ şi asupra performanţelor sistemelor de reglare, optimalizarea acestor automatizǎri, scheme tipizate, studiul performanţei elementelor componente.

În afarǎ de U.R.S.S., unde asemenea studii şi cercetǎri se fac de mult în institute ale Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. puternic dezvoltate şi cu o formǎ universalǎ, şi în celelalte ţǎri de democraţie popularǎ s-au înfiinţat în ultimul timp institute de cercetǎri în domeniul automaticii.

Mergînd pe aceeaşi linie s-a studiat înfiinţarea şi în Republica Popularǎ Romînǎ a unui institut de automaticǎ în cadrul Academiei R.P.R., în viitorul cincinal.

GRIGORE C. MOISIL*)

Dezvoltarea în R.P.R. a teoriei algebrice a schemelor cu contacte și relee

CZ 621.316:621.5:318.5 (R)

I

Cercetările românești în domeniul teoriei algebrice a schemelor cu contacte și relee sînt strîns legate de cercetările școlii sovietice în frunte cu M. A. GAVRILOV și V. I. ȘESTAKOV.

Încă din anul 1949, împreună cu L. LIVOVSCHI și FL. ȚUȚUGAN am făcut cunoscute în R.P.R. cercetările școlii sovietice în acest domeniu [1950-1]. L. LIVOVSCHI a făcut în anul 1951 prima cercetare originală românească în acest domeniu [1952-1].

În toamna 1953 în cadrul unei convenții de colaborare tehnico-științifică între I.C.E.T. pe de o parte și Facultatea de Matematici și Fizică a Universității C. I. Parhon din București și Institutul de Matematici al Academiei R.P.R. pe de altă parte am ținut la I.C.E.T. un șir de lecții asupra acestei probleme [1954-1]; aceste lecții s-au prelungit cu un ciclu de conferințe și seminarii ținut la C.O.Ș. în iarna, primăvara și vara anului 1954.

Schimbul de vederi ce l-am avut cu inginerul Gh. IOANIN de la IPROMET, cu inginerul E. GOILAV, I. POP și C. ZAIȚ de la C.F.R. și sprijinul dat de ing. M. MARIȘ de la C.F.R. și de prof. Gh. ȚINTĂ, munca depusă de PAUL CONSTANTINESCU, MARIANA NEDELCU și CONSTANTIN POPOVICI la aceste seminarii au făcut ca pînă în toamna anului 1954 să putem avea clar lămurite preocupările ce constituie caracteristica lucrărilor colectivului nostru. În acest răstimp au fost efectuate lucrările [1954-2, 3, 4, 5; 1955-2, 6, 7].

În toamna anului 1954 am început, cu sprijinul I.C.E.T.-ului un curs la secția de matematici de la Facultatea de Matematici și Fizică a Universității C. I. Parhon din București. Cursul purta titlul „Teoria algebrică a mecanismelor automate". Pe lîngă el s-a ținut un ciclu de conferințe, organizate de I.C.E.T., în care ingineri cunoscuți ne-au explicat funcționarea de diferite scheme cu contacte și relee care apar efectiv în tehnică. Acest ciclu de conferințe a fost deschis de lecția prof. ing. A. NICOLAU.

În toamna anului 1955 am început să expunem cercetările noastre și în străinătate: la Congresul matematicienilor cehoslovaci (septembrie, 1955), la universitățile din Varșovia, Wroclaw și Torun (octombrie, 1955) [1956-6], la colocviul internațional de matematică din 22—27 noiembrie 1955 din Dresda [1957-7], la Conferința asupra mașinilor de calcul din Moscova (martie, 1956), la al treilea Congres al matematicienilor sovietici la Moscova (iulie, 1956), la Sesiunea matematicienilor bulgari la Sofia (octombrie, 1956), într-un ciclu de conferințe ținute la Universitatea din Bologna (mai, 1957), în conferințe ținute la Politehnica din Milano și la Universitatea din Bari (mai, 1956) [1958-7], la Instituto per le applicazzioni del calculo din Roma (iunie 1957) și la Centrul de studii de Cibernetică din Napoli (iunie, 1957), la Uniunea matematicienilor cehoslovaci în Praga și Brno și la Academia slovacă din Bratislava (mai, 1959).

În octombrie 1957 am luat parte împreună cu GH. IOANIN, MARIANA NEDELCU, PAUL CONSTANTINESCU și CONSTANTIN POPOVICI la Conferința de la Moscova asupra teoriei schemelor cu dispozitive cu funcționare de releu.

Colectivul nostru a luat parte la cele două consfătuiri de automatizare organizate de Comisia de Automatizări a Academiei R.P.R. din 1955 [1956-15] și din 1957 și la cel de-al IV-lea Congres al matematicienilor din R.P.R. [1956-16]

În 1958 am litografiat lecțiile în acest domeniu, ținute la cursurile organizate de Comisia de Automatizări a Academiei R.P.R. și ASIT [1958-8]; ele au format baza primului volum din colecția de Monografii asupra teoriei algebrice a mecanismelor automate, publicate de Editura Academiei R.P.R. [1959-1]. De asemenea am tipărit un volum la Editura Tehnică [1959-3].

O expunere mai largă a acestui referat va apare în Acta Logica.

II

Problemele teoriei algebrice a schemelor cu contacte și relee așa cum a fost ea elaborată de V. I. ȘESTAKOV și CLAUDE SHANNON se găseau clar expuse în volumul lui M. A. GAVRILOV „Teoria releino-kontaktnîh shem", carte de căpătîi a cercetătorilor din R.P.R.; ele priveau schemele pe care noi le numim „scheme cu comandă directe" sau „scheme cu funcționare într-un timp" (în rusește однотактные, în englezește „combinational switching circuits") Pentru aceste scheme, la darea comenzii se închid unele contacte ale butonilor de comandă și se deschid alte contacte ale lor, stabilindu-se astfel unele circuite și întrerupîndu-se altele; unele elemente executive sînt acționate, altele nu. Situația rămîne neschimbată cît timp nu se schimbă comanda.

Atenția noastră a fost de la început atrasă de alt tip de scheme, pe care noi le numim „scheme cu funcționare în mai mulți timpi" (în rusește многотактные, în englezește „sequential switching circuits"). La darea comenzii se închid unele contacte ale butonilor de comandă și se deschid altele; se stabilesc astfel unele circuite și se întrerup altele; circuitele închise

*) Acad. prof. GR. C. MOISIL este vicepreședinte al Comisiei de Automatizare al Academiei R.P.R.

care conţin înfăşurările unor relee acţionează aceste relee; circuitele deschise care conţin înfăşurările altor relee, le desacţionează. Releele acţionate atrag armăturile lor cu contacte; armăturile releelor desacţionate îşi revin la poziţia de repaus. În acest mod se închid unele contacte ale releelor şi se deschid altele, deci se întrerup unele circuite şi se restabilesc altele. Fără a schimba comanda, starea circuitelor s-a schimbat. Schema are o evoluţie autonomă, sub comandă dată. Ea poate executa un şir de acţiuni fără să schimbăm comanda.

Pentru studiul acestor scheme cu funcţionare în mai mulţi timpi se utiliza metoda următoare: Să considerăm un releu X; vom introduce o variabilă ξ care este asociată stării de „excitat" sau „neexcitat" a releului: $\xi = 1$ dacă releul este excitat, $\xi = 0$ dacă releul este neexcitat (noi asociem această variabilă curentului în înfăşurarea releului: $\xi = 1$ dacă în înfăşurare circulă curent, $\xi = 0$ altfel).

Dacă $a, \ldots, c$ sînt variabilele asociate contactelor butonilor şi $x, \ldots, z$ sînt variabile asociate contactelor releelor [1]), variabilele $\xi, \ldots, \zeta$ asociate curentului în înfăşurările releelor $X, \ldots, Z$ sînt funcţii de $a, \ldots, c, x, \ldots, z$ căci starea curentului în circuitul care conţine înfăşurarea unui releu depinde de poziţiile contactelor. Deci schema este descrisă printr-un sistem de funcţii (pe care le numim funcţiile de lucru ale releelor):

$$\xi = f(a, \ldots, c, x, \ldots, z)$$
$$\zeta = g(a, \ldots, c, x, \ldots, z).$$

Dacă schema este de tipul celor din figurile 1 şi 2 şi dacă dipolii cu contacte $F, \ldots, G, F^*, \ldots, G^*$ sînt dipoli Π, deci dacă schemele au una din formulele de structură:

$$FX \cup \ldots \cup GZ$$
$$(F^* \cup X) \ldots (G^* \cup Z)$$

$F, \ldots, G, F^*, \ldots, G^*$ fiind dipoli Π[2]) cu contacte, funcţiile $f, \ldots, g$ se deduc uşor din expresiile $F, \ldots, G, F^*, \ldots, G^*$ aşa cum au arătat-o V. I. Şestakov şi Claude Shannon.

Dacă $F, \ldots G$ sînt dipoli H[3]) metoda lui A. G. Luny ne permite calculul lui $f, \ldots, g$.

Dacă schema are altă structură, metodele clasice permit construcţia unei scheme de tipul celei din fig. 1, cu o funcţionare echivalentă cu cea a schemei date.

În tratatele clasice (M. A. Gavrilov, R. Gréa şi R. Higonnet, S. Caldwell, P. Naslin), o dată funcţiile $f, \ldots, g$ cunoscute, descrierea funcţionării schemei se face verbal.

Se poate observa că variabilele care intervin $a, \ldots, c, x, \ldots, z$ avînd fiecare numai două valori, 0 şi 1, şi variaţia lor în timp fiind destul de regulată, putem presupune că timpul este compus din intervale, în fiecare interval toate variabilele fiind constante. Vom numerota intervalele temporale şi vom numi $a_N, \ldots, x_N, \ldots, \ldots, \xi_N, \ldots$ valorile lui $a, \ldots, x, \ldots \xi, \ldots$ în al N-a interval temporal.

Dacă cunoaştem pe $a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N$, atunci ştim care contacte sînt închise şi care contacte sînt deschise, deci ştim care circuite sînt închise şi care circuite sînt deschise, deci care relee sînt excitate şi care relee nu sînt excitate. Contactele de închidere ale releelor excitate se vor închide, cele de deschidere se vor deschide, contactele de închidere ale releelor neexcitate se vor deschide, cele de deschidere se vor închide; deci cunoaştem pe $x_{N+1}, \ldots, z_{N+1}$.

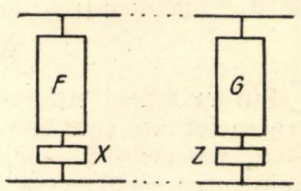


Fig. 1.

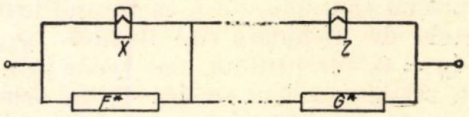


Fig. 2.

Deci $x_{N+1}, \ldots, z_{N+1}$ sînt cunoscuţi cînd cunoaştem pe $a_N, \ldots, c_N, \ldots, x_N, \ldots, z_N$, deci $x_{N+1}, \ldots, z_{N+1}$ sînt funcţii de $a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N$:

$$x_{N+1} = f(a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N)$$
$$z_{N+1} = g(a_N, \ldots, C_N, x_N, \ldots, z_N) \qquad (3)$$

Funcţiile $f, \ldots, g$ din formulele (3) sînt aceleaşi ca cele din formulele (1), cum vom vedea.

Ecuaţiile (3) sînt ecuaţiile de recurenţă ale schemei. În primăvara şi vara 1954, în seminarul de la Casa Oamenilor de Ştiinţă am studiat diferite exemple de scheme cu funcţionare în mai mulţi timpi, cu evoluţie succesivă, periodică pură sau periodică cu o etapă iniţială, rezolvînd problema analizei şi sintezei lor [1954-4, 5, 1955-7].

În acelaşi timp V. I. Şestakov dezvolta o metodă asemănătoare [4]).

În teza sa de doctorat, D. A. Huffman [5]) întrebuinţa o metodă cu totul diferită pentru studiul unui tip de scheme cu funcţionare în mai mulţi timpi şi anume a schemelor pe care noi le numim „cu funcţionare în doi timpi". Pentru aceste scheme, la schimbarea comenzii, contactele releelor care sînt găsite într-o anumită poziţie, o schimbă într-o altă poziţie; această nouă poziţie rămîne stabilă pînă la

[1]) Variabila asociată a unui contact ia valoarea 1 cînd contactul este închis, 0 cînd este deschis.

[2]) Un dipol Π este un dipol în care toate conexiunile sînt în serie şi paralel, fără punţi.

[3]) Un dipol H este un dipol cu punţi.

[4]) Avtomat'ka i telemehanika t XV (1954) nr 2, p. 187, nr. 4, p, 319; DAN SSSR t. 98, nr. 4, p. 541

[5]) Journal of the Franklin Institute vol. 257, (1954) n'r 3 şi 4, 1954.

schimbarea comenzii. Pentru acest caz D.A. HUFFMAN nu întrebuinţează însăşi funcţiile $f, \ldots, g$ ci reprezentarea lor prin tablouri. Noi nu am cunoscut lucrările lui D. A. HUFFMAN, decît mult mai tîrziu. Metodele sale pot fi extinse la cazuri mult mai generale. Relaţiile între cele două metode vor fi stabilite într-o altă lucrare [6].

Vom menţiona că o categorie de probleme de funcţionare în mai mulţi timpi a fost abordată de L. LIVOVSCHI [1952-1].

III

Putem adînci studiul funcţionării în timp a schemelor cu contacte şi relee, observînd că între variabila ξ asociată curentului în bobinajul unui releu şi variabila x asociată poziţiei contactelor există o relaţie, pe care o vom numi ecuaţie caracteristică :

$$x_{N+1} = \xi_N \tag{4}$$

Într-adevăr dacă $\xi_N = 1$, curentul trece prin înfăşurarea releului, releul se excită şi atrage armătura cu contacte, deci, în timpul următor, contactele de închidere sînt închise $x_{N+1} = 1$. Dacă $\xi_N = 0$, curentul nu mai trece prin înfăşurarea releului, releul se dezexcită, armătura cu contacte nemaifiind atrasă îşi revine la poziţia de repaus, şi în timpul următor, contactele de închidere se deschid $x_{N+1} = 0$.

Funcţionarea astfel descrisă o numim funcţionarea ideală a releelor ordinare. Ecuaţia (4) este ecuaţia caracteristică a acestei funcţionări.

Vom observa în primul rînd că scriind ecuaţiile (1), în care toate variabilele sînt considerate în acelaşi interval temporal

$$\begin{aligned} \xi_N &= \mathrm{f}\,(a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \\ \zeta_N &= \mathrm{g}\,(a_N, \ldots, c_N, x_N, \ldots, z_N) \end{aligned} \tag{5}$$

şi ecuaţiile caracteristice ale releelor

$$x_{N+1} = \xi_N, \ldots, z_{N+1} = \zeta_N \tag{6}$$

ecuaţiile de recurenţă (3) se obţin eliminînd pe $\xi_N, \ldots, \zeta_N$ între ecuaţiile (5), (6), [7].

Pe de altă parte, metoda ne permite să studiem scheme în care intră elemente intermediare, de alte tipuri decît releele ordinare. Dăm mai jos cîteva exemple.

Pentru aceste tipuri de elemente am dat ecuaţia caracteristică, am arătat cum se rezolvă problema analizei funcţionării schemei şi problema sintezei, adică problema găsirii schemei cu elemente intermediare date, cînd se dă programul funcţionării elementelor intermediare la un program dat de acţionare a comenzilor. Am studiat schemele în care intră elementele intermediare următoare.

Releele basculante ; acestea sînt releele a căror armătură cu contacte rămîne în poziţia în care se află la încetarea acţiunii pînă cînd o nouă acţiune mută armătura în cealaltă poziţie [1955-8 ; 1957-4].

Releele polarizate ; acestea sînt releele a căror armătură cu contacte, fiind magnetică, poate avea trei poziţii diferite : de repaus, atrasă şi respinsă, după sensul curentului în înfăşurare [1955-8,11 ; 1956-7,10 ; 1957-5,7 ; 1959-8].

Căutătorul pas cu pas are mai multe poziţii ale roţii sale. Problema sintezei schemelor cu selectori a fost studiată de GH. IOANIN [1955-12 ; 1956-5 ; 1958-2,3].

Releele temporizate au o întîrziere la acţionarea sau dezacţionarea contactelor. Schemele cu relee temporizate au fost studiate de MARIANA NEDELCU [1955-3, 8, 15 ; 1956-20].

Releele cu înfăşurări multiple şi releele diferenţiale se acţionează atunci cînd prin anume înfăşurări trece curentul, prin celelalte nu [1955-8].

Se poate aplica aceeaşi metodă şi în cazul elementelor care variază continuu [1955-12 ; 1956-22].

IV

Încă de la început am fost îndemnaţi să studiem pe lîngă schemele cu contacte şi relee şi schemele în care intră elementele ventil [1954-2,3]. În timp ce în schemele cu contacte şi relee avem două contacte : 0 reprezentînd

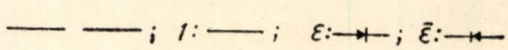


Fig. 3.

curentul întrerupt şi 1 reprezentînd scurtcircuitul, elementele ventil introduc două noi constante : cele două supape ε şi $\bar{\varepsilon}$ de sens opus. Totalitatea acestor patru elemente formează o algebră booleană cu patru elemente, dar tot patru elemente are şi corpul de imaginare ale lui Galois format din clasele de polinoame cu coeficienţi întregi congruente în raport cu dublul modul $(2, x^2 + x + 1)$.

Alegebra schemelor cu elemente ventil se poate dezvolta fie în cadrele algebrei booleene [8]) fie în cel al teoriei corpurilor finite.

Cu aceste mijloace problemele analizei, sintezei şi simplificării dipolilor II cu contacte şi supape se rezolvă în acelaşi mod ca şi în cazul absenţei supapelor, fără noi dificultăţi [1956-19].

PAUL CONSTANTINESCU a studiat cu acest mijloc multipolii cu contacte şi supape [1958-1 ; 1959-4,5,6] şi le-a extins metodele de simplificare date de el pentru multipolii cu contacte [1956-1,2 ; 1957-1].

MARIANA NEDELCU a întrebuinţat aceeaşi algebră booleană cu patru elemente în studiul funcţionării tuburilor electronice [1958-9].

[6]) Pentru o bibliografie a studiului funcţionării în mai mulţi timpi, vezi [1959—3]

[7]) Deci funcţiile $f, \ldots, g$ sînt aceleaşi în (1) şi (3).

[8]) Aceasta este o algebră booleană în care se dă şi un functor de simetrie [1954-3]

V

Intervenţia teoriei corpurilor finite în studiul schemelor cu contacte şi supape ne-a îndemnat să vedem dacă această teorie nu poate fi aplicată în cazul schemelor cu contacte şi relee.

Ceea ce face ca algebra booleană să-şi găsească întrebuinţarea în studiul schemelor cu contacte şi relee este faptul că contactele au două poziţii : deschis şi închis, că curentul în înfăşurarea unui releu are două stări : trece curent, nu trece curent. Aceste variabile iau două valori, 0 şi 1 ; 0 şi 1 pot fi considerate ca elementele algebrei booleene cu două elemente. Dar tot două elemente are şi corpul claselor de resturi de întregi modulo 2 :0, clasa întregilor cu soţ, 1 clasa întregilor fără soţ.

Studiul schemelor făcut de ŞESTAKOV şi SHANNON cu ajutorul algebrei booleene poate fi făcut cu ajutorul congreuenţelor modulo 2.

Aceasta nu este numai o metodă pedagogic utilă [1955-9]. Într-adevăr dacă $x^1, \ldots, x^n$ sînt variabilele care iau valorile 0 sau 1 asociate contactelor a n relee $X^1, \ldots, X^n$, putem considera elemente

$$X = x^1 + x^2 \varepsilon + \ldots + x^n \varepsilon^{n-1}$$

dintr-un corp cu 2 elemente, $\mathfrak{GF}(2^n)$, ε fiind un element primitiv al acestui corp.

Deci starea a n contacte ordinare poate fi caracterizată printr-o variabilă care parcurge pe $\mathfrak{GF}(2^n)$. Elementele lui $\mathfrak{GF}(2^n)$ pot fi adunate, scăzute, înmulţite şi împărţite, urmărind regulile de calcul ale algebrei obişnuite.

Am utilizat această metodă pentru studiul schemelor cu comandă directă [1956-21].

Am întrebuinţat metoda corpurilor de imaginare ale lui Galois pentru analiza şi sinteza schemelor cu funcţionare în mai mulţi timpi atît în cazul releelor ordinare [1954-4, 5 ; 1956-17], cît şi în cel al releelor basculante [1957-4].

Metoda este însă cel mai bine adecvată studiului problemelor generale : clasificarea schemelor [1956-11, 14, 23 ; 1958-12], isomorfismul schemelor [1957 - 3], omomorfismului schemelor [1959-16] ; ea ne-a condus la concepţia generală a mecanismelor automate discrete. Dacă avem m butoni de comandă, starea comenzilor este caracterizată de o variabilă K, $K \in \mathfrak{GF}(2^m)$. Dacă avem n relee ordinare starea curenţilor este caracterizată de o variabilă Ξ iar poziţiile contactelor sînt caracterizate de o variabilă X, cu $\Xi \in \mathfrak{GF}(2^n)$, $X \in \mathfrak{GF}(2^n)$. Ecuaţiile (5) se scriu :

$$\Xi_N = F(K_N, X_N)$$

iar ecuaţiile (6) se scriu :

$$X_{N+1} = \Xi_N$$

deci ecuaţiile (3) se scriu :

$$X_{N+1} = F(K_N, X_N)$$

VI

Faptul că pentru un releu ordinar contactele au două poziţii, închis şi deschis, iar curentul în înfăşurare poate fi în două stări : circulă curent, nu circulă curent, este specific releelor ordinare.

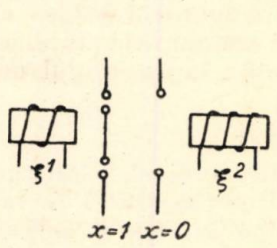


Fig. 4.

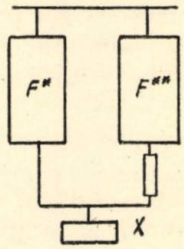


Fig. 5.

Pentru releele polarizate, curentul poate să circule într-unul din cele două sensuri sau să nu circule. Variabila curent ia trei valori. Armătura cu contacte poate fi în poziţia de repaus, atrasă sau respinsă. Variabila asociată contactelor ia trei valori.

Pentru releele basculante variabila asociată contactelor ia două valori dar cea asociată curentului ia trei valori. Într-adevăr dacă ξ^1, ξ^2 sînt variabilele cu două valori asociate curentului în cele două înfăşurări, putem avea sau $\xi^1 = \xi^2 = 0$ sau $\xi^2 = 1$, $\xi^2 = 0$ sau $\xi^2 = 1$, $\xi^2 = 0$, posibilitatea $\xi^1 = \xi^2 = 1$ trebuind să fie exclusă. Deci curentului îi poate fi asociată o variabilă cu trei valori.

În cazul cînd un releu funcţionează cu curent de automenţinere redus, avem două trepte de curent, curentul de excitaţie ξ^* şi curentul de automenţinere ξ^{**} deci trei posibilităţi $\xi^* = \xi^{**} = 0$, absenţa curentului $\xi^* = \xi^{**} = 1$, curentul de excitaţie, $\xi^* = 0$, $\xi^{**} = 1$, curentul de automenţinere, posibilitatea $\xi^* = 1$, $\xi^{**} = 0$ (curent suficient pentru excitaţie, insuficient pentru menţinere), urmînd a fi exclusă.

În cazul selectorului variabila care indică poziţia roţii ia atîtea valori cîte perii are roata.

În cazul unei scheme cu acţionare inversă (fig. 6), trebuie să distingem cazul cînd dipolul F are numai contacte, de acela cînd el conţine contacte şi rezistenţe. Într-adevăr dacă dipolul F conduce, curentul trecînd numai prin contacte, din cauza rezistenţei lămpii W, ea este scurtcircuitată. Dacă dipolul conduce, curentul trecînd prin rezistenţe comparabile cu cea a lămpii W, curentul se distribuie între curentul dipolului şi cel al lămpii.

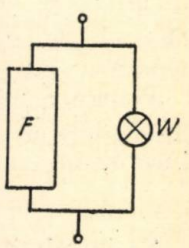


Fig. 6.

Situaţii de tipul celor menţionate mai sus nu fuseseră prea mult studiate. Studiul l-a început ŞESTAKOV[9]).

[9]) Izvestia Akademi Nauk SSSR, 1946, p. 529.

A. DUSCHEK a abordat studiul schemelor cu comenzi cu manete multipoziționale[10]).

HARCHEVICI a început studiul schemelor cu mai multe trepte de curent[11]).

Problema studiului schemelor cu elemente multipoziționale este deci o problemă care se pune efectiv. Ea cerea o soluție grabnică chiar pentru cazul cel mai simplu, cel al releelor ordinare, cum o vom arăta în paragraful următor.

VII

Descrierea funcționării unui releu ordinar așa cum a fost dată în § III nu ține seamă de faptul că pentru a se menține în starea acționată, un releu nu are nevoie de un curent tot atît de tare ca pentru a se excita. Funcționarea cu curent de automenținere redus a fost de asemenea studiată de noi [1959-9].

Este însă mai important a atrage atenția asupra următoarei deosebiri între funcționarea descrisă în § III și funcționarea reală a releelor ordinare. Trecerea de la poziția de repaus *I* din fig. 7 (cu contactele de închidere deschise

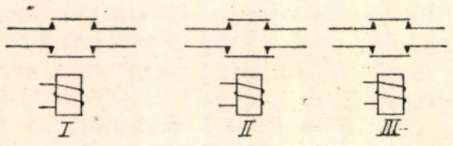


Fig. 7.

și cele de deschidere închise) la poziția acționată *III* din fig. 7 (cu contactele de închidere închise și cele de deschidere deschise) nu se poate face brusc, armătura cu contacte fiind cîtva timp în poziția intermediară *II* din fig. 7 (în această poziție atît contactele de deschidere cît și cele de închidere sînt deschise). Aceasta este funcționarea reală, în trei timpi a releelor ordinare.

Deosebirea între funcționarea ideală și cea

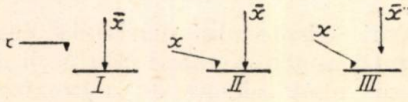


Fig. 8.

reală dă loc la ceea ce în limba engleză se cheamă „hazard". D. HUFFMAN a studiat acest fenomen și a propus metode de evitare a lui[12]).

Pentru contactele de închidere x și cele de deschidere $\bar{x}$ ale aceleiași armături în timpul intermediar avem:

$$x + \bar{x} \neq 1 \qquad (7)$$

Se întrebuințează și relee ale căror contacte funcționează ca în fig. 8, cele două contacte de închidere și de deschidere fiind amîndouă închise în poziția intermediară *II*; în această poziție avem

$$x\,\bar{x} \neq 0 \qquad (8)$$

Vom numi aceste relee, relee cu contacte speciale.

Dificultățile de proiectare provenite din deosebirea între funcționarea reală și cea ideală au fost puse în evidență în colectivul nostru de GH. IOANIN.

După cum se vede, atît în cazul contactelor ordinare din fig. 7, cît și în cel al contactelor din fig. 8, contactul trebuie să fie considerat ca tripozițional.

Dacă avem pe un releu cu contacte ordinare și speciale, așa cum a arătat GH. IOANIN, este nevoie să asociem poziției contactelor o variabilă cu cinci relee [1959-21].

Dificultăți analoge se prezintă în cazul releelor polarizate [1956—12]; în cazul releelor basculante nu avem certitudinea că soluția dată în [1956-13] este cea bună.

VIII

Pentru studiul schemelor cu elemente multipoziționale avem la dispoziție două instrumente algebrice.

Primul mijloc de lucru era cel al corpurilor de imaginare ale lui Galois $\mathfrak{GF}(p_n)$. Cu acest mijloc am studiat în special funcționarea schemelor cu relee polarizate ideale [1955—8; 11; 1956-10; 1957-5] și a celor cu relee basculante reale [1955-8; 1957-4].

Un al doilea mijloc algebric este cel al logicilor cu mai multe valori, mai precis al algebrelor lukasiewicziene. Studiul unei logici cu mai multe valori a fost întreprins încă de acum patru decenii de către J. LUKASIEWICZ, E. POST și D. A. BOCIVAR. Alte logici nechrysippiene ale lui C. I. LEWIS, GLIVENKO și A. HEYTING, KOLMOGOROF și I. JOHANSEN nu și-au găsit pînă acum aplicarea în studiul schemelor cu contacte și relee.

V. I. ȘESTAKOV a inițiat încă din anul 1946[13]) aplicarea logicilor cu mai multe valori la studiul schemelor cu contacte și relee și a publicat recent un studiu dezvoltat al aplicării logicii lui Bocivar în acest domeniu[14]).

MAESTROVA[15]) a abordat studiul aplicării logicilor polivalente la scheme cu mai multe trepte de curent. M. GRENIEWSKI[16]) a introdus de asemenea logica trivalentă în studiul unor circuite electrice.

Noi am încercat să aplicăm la studiul schemelor cu contacte și relee cercetările noastre

[10]) Rendiconti di matematica e delle sue applicazioni, 1951, p. 114.

[11]) DAN SSSR, t, 112, p 1943.

[12]) Jurnal of the Association for Computing Machinery, 4 (1957) 1, p. 47; după Caldwell S.: Switching Circuits and ogical design p. 506.

[13]) Izvestia Akademi Nauk SSSR 1946, p. 429.

[14]) Loghiceskie Isledovania, Moscova, 1959, p. 315.

[15]) La Consfătuirea de la Moscova, 1957.

[16]) Comunicările Academiei R.P.R. 6 (1956), p. 228.

mai vechi asupra algebrelor asociate logicilor lui Lukasiewicz[17] [1956-7,8,9; 1958-6,7; 1959--9,10,11,12,13,15,21].

O primă problemă în care am aplicat această metodă a fost problema analizei şi sintezei schemelor cu relee ordinare cu funcţionare reală. Această problemă a putut fi rezolvată de noi graţie utilizării algebrei lukasiewicziene trivalente [1957-6, 1959-15].

În cazul cînd întrebuinţăm simultan contacte ordinare şi speciale trebuie să utilizăm logica cu cinci valori (1959-21).

O a doua problemă în care logica cu trei valori s-a dovedit utilă este cea de care am vorbit în § VI privind funcţionarea schemelor, în care un element executiv poate fi acţionat fie direct fie prin scurtcircuitare. În această direcţie cercetările sînt la început [1959-10, 11, 12, 13].

Vom menţiona că introducerea contactelor multipoziţionale se poate face şi pentru a simplifica o schemă [1955-14].

IX

Studiul schemelor cu punţi şi al multipolilor a fost fundat de LUNŢ pe utilizarea matricelor cu elementele într-o algebră booleană. Metodele algebrice mai puţin generale dar de incontestabil interes teoretic şi practic au fost date de M. GAVRILOV în cartea sa şi în alte lucrări ale sale.

Cei mai mulţi cercetători s-au ocupat de problema simplificării multipolilor cu contacte.

La noi în ţară PAUL CONSTANTINESCU a dat metode de simplificare a multipolilor cu contacte [1956-1,2; 1957-1] şi a multipolilor cu contacte şi supape [1958-1; 1959-4,5,6].

O. ARAMĂ a dat o metodă de a construi o formă canonică a multipolilor cu contacte şi relee [1955-1]. Despre aplicarea logicilor trivalente de analiza multipolilor cu contacte şi relee am vorbit şi în § VIII.

X

Schemele cu contacte şi relee sînt numai o formă de mecanisme automate discrete. O lucrare de sinteză în care rezultatele la care am ajuns pînă la 1 august 1957 sînt expuse cu metoda imaginarelor lui Galois, este volumul „Teoria algebrică a mecanismelor automate" (Editura Tehnică, 1959).

Un alt tip de mecanism automat de o deosebită importanţă sînt circuitele electronice.

Aplicarea algebrei booleene la studiul circuitelor cu tuburi electronice a fost făcută de AIKEN şi colaboratorii săi[18]. Noi ne vom referi la expunerea care se găseşte în cartea lui S. H. Caldwell[19].

MARIANA NEDELCU a dat un număr mare de exemple de ecuaţii caracteristice pentru diferite montaje de tuburi electronice [1958-8, 9, 10, 11]. Capitolul din cartea noastră „Teoria algebrică a mecanismelor automate" a fost în întregime redactat de MARIANA NEDELCU înainte de 1 august 1957.

În cursul anului 1959, colectivul nostru s-a ocupat în special cu aplicarea la circuitele electronice a metodei ecuaţiei caracteristice şi ecuaţiilor de recurenţă. Cu această metodă am abordat studiul circuitelor cu linii de întîrziere, cu circuite basculante bistabile (GR. C. MOISIL, MARIANA NEDELCU, DRAGOŞ VAIDA) şi monostabile (DRAGOŞ VAIDA), cu criotroni (GR. C. MOISIL şi ION D. ION), cu inele magnetice (GAŞPAR TOMA).

Pe de altă parte am ajuns la concluzia că problema simplificării circuitelor cu triode, cu pentode, cu transistori şi cu criotroni cere o cunoaştere mai amănunţită a proprietăţilor funcţiilor lui Sheffer. Am abordat acest studiu (MOISIL 1959-14 şi L. HAMMER, lucrare nepublicată).

XI

Elaborarea unei teorii generale a mecanismelor automate cere ca această teorie să înglobeze toate formele cunoscute de mecanisme automate.

Am arătat mai sus cum a dezvoltat colectivul nostru teoria schemelor cu contacte şi relee şi teoria circuitelor cu elemente electronice.

Graţie eforturilor depuse de oamenii de ştiinţă din diferite ţări, putem spune că în momentul de faţă se elaborează o teorie algebrică a mecanismelor automate discrete : scheme cu contacte şi relee, circuite cu elemente electronice, mecanisme cu elemente pneumatice şi hidraulice, reţele de neuroni. Felul cum studiul aprofundat al schemelor cu contacte şi relee şi al circuitelor electronice ne-a condus la o concepţie a automatelor discrete mai cuprinzătoare ca cea cunoscută[20] va fi expus cu o altă ocazie. Mărginindu-ne la interesul pur tehnic vom aminti contribuţiile colectivului din R.P.R. la studiul problemei următoare :

Să se găsească automatele cele mai convenabile care să îndeplinească un program de execuţii dat, atunci cînd li se dau comenzi conform unui program de comenzi dat. Sînt necunoscute numărul şi natura elementelor intermediare şi conexiunile între elemente.

În cazul reţelelor nervoase, problema a fost cercetată de KLEENE şi MOORE[21].

În cazul programelor de funcţionare în doi timpi, problema a fost studiată de D. HUFFMAN.

În cazul automatelor fără temporizare, problema a fost studiată în colectivul nostru care a ajuns la anumite rezultate [1955-4,

[17]) Annales scientifiques de l'Université de Jassy, 26 (1940), 27 (1941).

[18]) Synthesis of electronic computing and control circuits, Harward University Press, 1951.

[19]) Switching Circuits and Logical designs.

[20]) Automate studies.

[21]) Vezi volumul citat în nota 20.

10, 12, 13; 1956-6; 1958-3,4,5]. Unele din aceste rezultate au fost expuse în capitolele XX ale volumului nostru „Teoria algebrică a mecanismelor automate".

Vom menţiona printre acestea rezultatele următoare: dintre schemele care satisfac un program, schema cu cel mai mic număr de relee are evoluţiile succesive stricte (adică astfel încît o schimbare a stării contactelor releelor este justificată fie de o schimbare a comenzii, fie de o schimbare a execuţiei). Această proprietate a fost afirmată de Gh. IOANIN în seminarul nostru şi demonstrată de el în cazul unui releu [1955-4]. Demonstraţia generală a fost dată de C. POPOVICI.

Faptul că fenomenele continue admit o descriere discontinuă [1955-12] ne fac să credem că vom putea încadra în această teorie şi problema concepţiei mecanismelor automate continue.

BIBLIOGRAFIE

1950

[1] Ţuţugan, Fl.: *O remarcabilă aplicare a algebrei logice în practica construirii schemelor cu contacte şi relee.* Analele Romîno-Sovietice. Seria matematică-fizică-chimie, nr. 4, septembrie 1950, pp. 87—92.

1952

[1] Livovschi, L.: *Aplicarea calculului implicaţiilor la proiectarea circuitelor automate cu contacte şi relee.* Bul. Şt. Acad. R.P.R. secţ. mat. fiz., t. IV, nr. 1, ianuarie-februarie-martie, 1952, p. 195.

1953

[1] Stoleru, B.: *Elemente de calcul în automatizare.* Electrotehnica, anul I, nr. 8, p. 13.

1954

[1] Moisil, Gr. C.: *Lecţii asupra teoriei algebrice a mecanismelor automate*, profesate la ICET, 1953—1954 (litografiate).

[2] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate.* I. Asupra schemelor cu elemente ventil. Comunicările Acad. R.P.R., t. IV, nr. 11—12, noiembrie-decembrie, 1954, p. 581.

[3] Moisil, Gr. C.: *Algebra schemelor cu elemente ventil.* Revista Universităţii „C. I. Parhon" şi a Polit. Bucureşti, Seria ştiinţelor naturii, t. 4—5, p. 9.

[4] Moisil, Gr. C: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois, în teoria mecanismelor automate.* II. Scheme cu două elemente intermediare. Comunicările Acad. R.P.R., t. IV, nr. 11—12 noiembrie-decembrie 1954, p. 587.

[5] Moisil, Gr. C.: *Teoria algebrică a funcţionării în mai mulţi timpi a schemelor cu contacte şi relee cu două elemente intermediare.* Studii şi Cercetări ştiinţ., Filiala Cluj, Seria mat., fiz., chim., şi tehnică, t. V nr. 3—4, iulie-decembrie 1954, p. 7.

1955

[1] Aramă, O.: *Observaţii asupra schemelor electrice cu rezistenţe şi contacte.* Studii şi cercetări ştiinţifice, Filiala Cluj a Academiei R.P.R., seria I, şt., mat., fiz., chim., şi tehnică, anul VI nr. 3—4, p. 75.

[2] Ioanin, Gh.: *Asupra teoriei algebrice a contactelor multipoziţionale şi aplicaţiile ei la studiul contactelor reale.* Bul. Ştiinţ. Academia R.P.R., Secţ. de ştiinţ. mat., fiz., t. VII, nr. 2, aprilie-mai-iunie 1955, p. 231.

[3] Ioanin, Gh.: *Metoda schemelor echivalente în studiul releelor temporizate.* Comunicările Acad. R.P.R. t. V, nr. 6, iunie 1955, p. 923.

[4] Ioanin, Gh.: *Asupra sintezei schemelor cu condiţii de lucru date pentru elementele executive.* Comunicările Acad. R.P.R., t. V, nr. 6, iunie 1955, p. 935.

[5] Ioanin, Gh.: *Procedee algebrice pentru obţinerea schemelor cu relee.* Electrotehnica, anul III, nr. 6, iunie 1955 p. 237.

[6] Moisil, Gr. C. şi Ioanin, Gh.: *Asupra funcţionării schemelor cu butoni reali.* Bul. Ştiinţ. Acad. R.P.R., Secţ. mat. şi fiz., t. VII nr. 1 ianuarie-februarie-martie 1955, p. 33.

[7] Moisil, Gr. C.: *Teoria algebrică a funcţionării schemelor cu contacte de relee în mai mulţi timpi.* Studii şi cercet., mat., Acad. R.P.R., t. VI, nr. 1—2, ianuarie-iunie 1955, p. 7.

[8] Moisil, Gr. C.: *Asupra ecuaţiilor caracteristice ale unui releu.* Studii şi cercet. ştiinţifice ale filialei Cluj a Academiei R.P.R. seria I, ştiinţ. mat. fiz. chim. şi tehnice, t. VI nr. 3—4, iulie-decembrie 1955 p. 7.

[9] Moisil, Gr. C.: *Congruenţele de numere întregi în teoria mecanismelor automate.* Gazeta matem. şi fiz. seria A., t. VII (LX) nr. 2 februarie 1955, pp. 53—61.

[10] Moisil, Gr. C.: *O metodă pentru sinteza schemelor cu programe de lucru date.* Studii şi Cercet. ştiinţifice ale Filialei Iaşi a Academiei R.P.R., anul VI, 1955, nr. 1—2, p. 19.

[11] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate*, III. Scheme cu relee polarizate. Comunicările Acad. R.P.R., t. V nr. 6, iunie 1955, p. 959.

[12] Moisil, Gr. C.: *Contribuţii la teoria algebrică a mecanismelor automate*, Bul. Ştiinţ. Acad. R.P.R., Secţ. mat. fiz. t. VII, nr. 2, aprilie-mai-iunie, 1955, p. 183.

[13] Moisil, Gr. C.: *Observaţii asupra notei „Metoda schemelor echivalente în studiul releelor temporizate".* Comunicările Acad. R.P.R., t. V, nr. 6, iunie, 1955. p. 933.

[14] Moisil, Gr. C.: *Simplificarea schemelor prin introducerea contactelor multipoziţionale.* Bul. Şt. al Acad. R.P.R., Secţ. şt. mat. fiz. nr. 4, octombrie-noiembrie-decembrie 1955, p. 843.

[15] Nedelcu, M.: *Analiza unor scheme cu relee temporizate.* Bul. Ştiinţ. Acad. R.P.R., Secţ. ştiinţ. mat., fiz. t. VII, nr. 1 ianuarie-februarie-martie, 1955, p. 19.

1956

[1] Constantinescu, P.: *Asupra reducerii numărului de contacte prin introducerea circuitelor în punte.* Conductibilităţi directe conjugate. Studii şi cercetări matematice t. VII, nr. 3—4, iulie-decembrie 1956, p. 399.

[2] Constantinescu, P.: *Asupra reducerii numărului de contacte prin introducerea circuitelor în punte.* Analele Universităţii C. I. Parhon din Bucureşti, t. 11, p. 45.

[3] Constantinescu, P.: *Asupra unor scheme obţinute folosind congruenţele de numere întregi în teoria mecanismelor automate.* Analele Universităţii C. I. Parhon, din Bucureşti, t. 12, p. 23.

[4] Goilav, E.: *Contribuţii la tratarea algebrică a schemelor electrice cu relee şi contacte multipoziţionale.* Electrotehnica anul IV, nr. 3, martie 1956, pp. 130—138.

[5] Ioanin, Gh.: *Sinteza schemelor în care intră selectori.* Bul. ştiinţ. al Academiei R.P.R., t. VIII, nr. 3 iulie-august-septembrie 1956, p. 489.

[6] Ioanin, Gh. şi Moisil, Gr. C. *La sinthése des schémas à contacts et relais avec des conditions de travail données pour les éléments executifs.* Revue de mathematiques pures et apliquées, Academie de la R.P.R., t. I (1956) nr. 2, p. 167.

[7] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicelor trivalente în teoria mecanismelor automate.* II Ecuaţia caracteristică a unui releu polarizat. Comunicările Academiei R.P.R., t. VI nr. 2, februarie 1956, p. 231.

[8] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicelor trivalente în teoria mecanismelor automate.* III Scheme cu contacte reale. Comunicările Acad. R.P.R., t. VI, nr. 3, martie 1956, p. 385.

[9] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicelor trivalente în teoria mecanismelor automate.* IV. Realizarea funcţiilor de lucru în funcţionare reală. Comunicările Academiei R.P.R., t. VI., nr. 8, august 1956, p. 971.

[10] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate.* IV. O teorie trivalentă a releelor polarizate. Comunicările Academiei R.P.R., t. VI, nr. 4, aprilie 1956, p. 505.

[11] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate.* V. Clasificarea evoluţiilor schemelor cu un releu. Comunicările Academiei R.P.R., t. VI, nr. 4, aprilie 1956, p. 509.

[12] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate.* VII. Relee polarizate reale. Comunicările Academiei R.P.R., t. VI, nr. 5, mai 1956, p. 621.

[13] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate.* VIII. Relee basculante reale. Comunicările Academiei R.P.R., t. VI, nr. 5, mai 1956, p. 625.

[14] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate.* IX. Clasificarea schemelor cu un buton şi un releu. Comunicările Academiei R.P.R., t. VI, nr. 9, septembrie 1956, p. 1055.

[15] Moisil, Gr. C.: *Teoria algebrică a schemelor de mecanisme automate cu contacte şi relee.* Expunere făcută la Consfătuirea asupra problemelor de automatizări organizată de Comisia de Automatizare din 1955. Analele Academiei R.P.R., p. 33, vol. V, Anexă 1956, 15—17 mai.

[16] Moisil, Gr. C.: *Teoria algebrică a mecanismelor automate.* Al IV-lea Congres al matematicienilor romîni din 27 mai-4 iunie 1956, Raport (litografiat), vol. II, p. 246.

[17] Moisil, Gr. C.: *Sinteza schemelor cu relee ideale cu ajutorul corpurilor de imaginare ale lui Galois.* Bul. Ştiinţ. Academia R.P.R. Secţia de şt. mat. şi fiz. t. VIII., nr. 3, iulie-august-septembrie 1956, p. 429.

[18] Moisil, Gr. C.: *Relaţiile între metoda lui Lunţ şi metoda lui Tetlin pentru schemele în punte.* Comunicările Academiei R.P.R., t. VI, nr. 6, iunie 1956, p. 743.

[19] Moisil, Gr. C. şi Nedelcu, M.: *Analiza, sinteza şi simplificarea schemelor cu contacte şi supape, cu comanda directă.* Buletin ştiinţific, Academia R.P.R., Secţia de ştiinţe matematice şi fizice, t. VIII, nr. 3, iulie-august-septembrie 1956, p. 469.

[20] Nedelcu, M.: *Asupra unor scheme cu relee temporizate şi relee de intensitate.* Bul. ştiinţ. Academia R.P.R., Secţia de şt. mat. şi fiz., t. VIII, nr. 2, aprilie-mai-iunie 1956, p. 363.

[21] Moisil, Gr. C. şi Popovici, C. P.: *Analiza şi sinteza schemelor cu comandă directă cu ajutorul imaginarelor lui Galois.* Bul. Ştiinţ. Academia R.P.R., Secţia de şt. mat. şi fiz., t. VIII, nr. 3 iulie-august-septembrie 1956, p. 455.

[22] Popovici, C. P.: *Asupra teoriei algebrice a funcţionării sclipitorilor.* Comunicările Academiei R.P.R., t. VI, nr. 2, februarie 1956, p. 245.

[23] Vaida, D.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate.* VI. Clasificarea evoluţiilor schemelor cu două elemente intermediare. Bul. ştiinţ. al Academiei R.P.R., secţia de ştiinţe mat. şi fiz. t. VIII. nr. 1 ianuarie-februarie-martie, 1956, p. 21.

1957

[1] Constantinescu, P.: *Asupra sintezei multipolilor cu contacte de relee.* Multipoli 1-*k* Bul. Mat. al Soc. Şt. Mat. şi Fiz. din R.P.R., t. I, nr. 4, 1957, p. 377.

[2] Ioanin, Gh.: *Automatizarea discontinuă în lumina algebrei schemelor cu contacte şi relee.* Conferinţa electricienilor din R.P.R., Bucureşti, 1957 (litografiat) OPED-1957.

[3] Moisil, Gr. C.: *Izomorfismul schemelor cu contacte şi relee.* Buletin Matematic al Soc. de Şt. Mat. şi Fiz. din R.P.R., t. I (49), nr. 1, 1957, p. 87.

[4] Moisil, Gr. C.: *Sur la théorie algébrique de certains circuits électriques.* Journal de math. pures et appliquées, t. XXXVI, fasc. 4, 1957, p. 313.

[5] Moisil, Gr. C.: *Sur la synthèse des schémas à relais polarisés.* Izvestia na Matematiceskia Institut, Bîlgarska Academiia na naukite t. II, fasc. 2, pp. 121—131.

[6] Moisil, Gr. C.: *Aplicaţiile logicii trivalente în studiul funcţionării reale a schemelor cu contacte şi relee.* Buletin Matematic al Soc. de Şt. Mat. Fiz. din R.P.R., t. I (49), nr. 2, 1957, pp. 147—191.

[7] Moisil, Gr. C.: *Sur la théorie algebrique des mecanismes automatiques. Synthèse des schémas à relais polarisés. Bericht über das Internationale Mathematiker Kolloquium,* Dresden 22 bis 27 November 1955; *Aktuelle Probleme des Rechentechnik.* Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1957 p. 51.

[8] Popovici, C. P.: *Ob uslovii stabilizaţii protesa polojenii releinîh kontaktov priza dannom upravlenii.* Revue de mathématique pures et appliquées. t. II, 1957, p. 509—534.

1958

[1] Constantinescu, P.: *Asupra analizei schemelor* II *şi* H *cu elemente ventil.* Studii şi cercetări matematice, anul IX, 1958, nr. 1, pp. 165—172.

[2] Ioanin G.: *Sintez shem s şaciovîmi perecliuciateliami.* Avtomatika i telemehanica XIX. Nr. 9, 1958, pp. 855—863. Traducere în limba rusă a lucrării 1956—5.

[3] Ioanin, Gh.: *Sur un type de problèmes concernant les schémas à sélecteurs.* Acta Logica, nr. 1, 1958, p. 187.

[4] Moisil, Gr. C.: *Sur un theorème d'existence dans la théorie algébrique des mécanismes automatiques discrets.* Revue de Mathématiques Pures et Appliquées, t. III, nr. 1, 1958, pp. 1—15.

[5] Moisil, Gr. C.: *Zarys algebry automatycznych układów przekaznikowo stykowych.* Zastosowania Matematyki, IV, nr. 1, 1958, pp. 1—27.

[6] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicilor trivalente în teoria mecanismelor automate.* V. Schemele P—I. Comunicările Academiei R.P.R., t. VIII, 1958, p. 1127.

[7] Moisil, Gr. C.: *Teoria algebrica dei mecanismi automatici.* Conferenze del Seminario di Matematica dell'-Universita di Bari, nr. 33—34.

[8] Moisil, Gr. C.: *Teoria algebrică a mecanismelor automate.* Lecţii ţinute la ASIT, litografiate.

[9] Nedelcu, M.: *Sur les schémas électroniques à fonctionement de relais et schémas à redresseurs en courant alternatif.* Bull. Math. de la Soc. Sci. Math. Phys. de la R.P.R., t., 2 (50), nr. 1, 1958.

[10] Nedelcu, M.: *Scheme electronice cu funcţionare de releu.* Comunic. Acad. R.P.R., 1958, t. 8, nr. 9, pp. 893—895.

[11] Nedelcu, M.: *Scheme cu redresori electronici.* Comunic. Acad. R.P.R., 1958, t. 8, nr. 7, pp. 643—646.

[12] Rudeanu, S.: *Întrebuinţarea imaginarelor lui Galois în teoria mecanismelor automate* X. Clasificarea funcţiilor de două variabile *în* $\mathfrak{BF}(2^2)$. Studii şi cercetări matematice, t. IX, nr. 1. 1958, p. 217.

1959

[1] Moisil, Gr. C.: *Schema cu comandă directă cu contacte şi relee.* Monografii asupra teoriei algebrice a mecanismelor automate. Editura Academiei R.P.R., 1959.

[2] Moisil, Gr. C.: *Sur l'application des logiques à trois valeurs à l'étude des schémas à contacts et relais.* Actes-Proceedings du Congrès international de l'automatique. Paris 18—24 juin 1956, p. 48.

[3] Moisil, Gr. C.: *Teoria algebrică a mecanismelor automate.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1959.

Sub tipar

[4] Constantinescu, P.: *Synthesis of the multi-terminal networks with relay-contacts and rectifiers.* Sub tipar: Bull. Math. de la Soc. Sci. Math. Phys. R.P.R.

[5] Constantinescu, P.: *O sinteze kontaktnîh mnogopoliusnikov s ventilnîmi elementami.* Sub tipar: Lucrările Consfătuirii de la Moscova, octombrie 1957.

[6] Ioanin, Gh. şi Constantinescu, P.: *On the synthesis of* (1-*k*) *multipoles with relay-contacts and ventil-elements.* Stroje na zpracovani informaci.

[7] Ioanin, Gh.: *O shemah rabotaiuşcih na rele srealnîmi kontaktami.* Sub tipar: Lucrările Consfătuirii de la Moscova, octombrie 1957.

[8] Moisil Gr. C.: *Întrebuinţarea logicilor trivalente în teoria mecanismelor automate.* VI. Relee polarizate cu neutrul instabil. Sub tipar: Comunicările Academiei R.P.R.

[9] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicilor trivalente în teoria mecanismelor automate.* VII. Funcţionarea releelor ordinare cu curent de automenţinere redus. (Comunicările Academiei R.P.R.).

[10] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicilor trivalente în teoria mecanismelor automate.* VIII. Dipoli II cu contacte şi rezistenţe. (Comunicările Academiei R.P.R.).

[11] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicilor trivalente în teoria mecanismelor automate,* IX. Dipoli II cu contacte, supape şi rezistenţe. (Comunicările Academiei R.P.R.).

[12] Moisil, Gr. C.: *Întrebuinţarea logicilor trivalente în teoria mecanismelor automate.* X. Interpretarea fizică a funcţiei caracteristice a unui multipol. (Comunicările Academiei R.P.R.).

[13] Moisil, Gr. C.: *Sur l'application de la logique à trois valeurs dans l'étude des circuits électriques à contacts, redresseurs et résistances.* (Revue de Mathématique Pures et Appliquées).

[14] Moisil, Gr. C.: *Simplificarea circuitelor cu tuburi electronice, cu transistori şi cu criotroni.* Studii şi cercetări matematice.

[15] Moisil, Gr. C.: *Sinteza schemelor cu contacte şi relee în funcţionare reală.* Buletinul Matematic al Soc. Şt. Mat. Fiz. din R.P.R.

[16] Moisil, Gr. C.: *Sur l'homomorphisme des schémas à contacts et relais.* Izvestia na Matematiceskia Institut Bilgarska Academia na naukite.

[17] Moisil, Gr. C.: *Referat asupra cercetărilor în teoria algebrică a schemelor cu contacte şi relee, dezvoltate în Republica Populară Romînă,* prezentat Consfătuirii de la Moscova, din octombrie 1957.

[18] Moisil, Gr. C.: *Problema studiului schemelor cu contacte şi relee în funcţionare reală.* Referat prezentat la Consfătuirea de la Moscova din octombrie 1957.

[19] Moisil, Gr. C.: *Problema sintezei schemelor cu contacte şi relee cu programe de lucru date pentru elementele executive.* Referat prezentat la Consfătuirea de la Moscova, în octombrie 1957.

[20] Moisil, Gr. C.: *Circuite cu criotroni.* Automatica şi electronica III (1959) 3.

[21] Moisil, Gr. C.: *La logique à cinq valeurs et ses applications à l'étude des circuits à fonctionnement électrique.* Conferinţa de la Liblice, 1959.

[22] Moisil, Gr. C.: *Le développement dans la République Populaire Roumaine de la théorie algébrique des mécanismes automatiques.* Acta Logica.

[23] Nedelcu, M.: *Ob electronîh shemah releinovo deistvia i shemah s vîpriamiteliami rabotaiuşcih ot peremenovo toka.* Sub tipar: Lucrările Consfătuirii de la Moscova, octombrie 1957.

[24] Popovici, C. P.: *Minimalnaia koniunktivnaia forma bulevîh funcţii.* Consfătuirea de la Moscova, octombrie 1957.

[2] Popovici, C. P.: *Ţelocislenie polinomî neprivodimie po modulio p.* Revue de Mathématiques pures et appliquées (1959, Tome II).

[26] Vaida, D: *Calculul polinoamelor ireductibile modulo 2 la maşina electronică de calcul CIFA 1.* Analele Universităţii „C. I. Parhon".

Gf. 1904/61
LEFORDITVA

ILIE PAPADACHE*)

Probleme în legătură cu dezvoltarea automatizărilor industriale în R.P.R.

CZ 621-52 (R)

Automatizările industriale realizate în ultimii ani în R.P.R. despre care sînt date informaţii detaliate în articolele publicate în acest număr al revistei au permis strîngerea unei cantităţi importante de informaţii pentru acest domeniu. Domeniile în care s-au aplicat aceste automatizări cuprind toate industriile importante din ţară: petrol, chimie, siderurgie, metalurgie, industriile bunurilor de consum etc.

Realizarea instalaţiilor pe baza proiectelor primite de ţara furnizoare a utilajului — în primul rînd din U.R.S.S. — proiectarea unor automatizări importante de către inginerii şi tehnicienii noştri întrebuinţîndu-se aparatură de automatizare din import din diferite ţări, cum şi realizarea în ţară a unor elemente de automatizare au lămurit numeroase aspecte legate de dezvoltarea automatizărilor în R.P.R. pe baza experienţelor făcute de tehnicienii din proiectare şi din exploatare.

Cîteva din aceste probleme ne propunem a le examina în acest articol.

Există opinia generală că prima condiţie care va juca un rol important în dezvoltarea automatizărilor este legată de fabricarea elementelor de automatizare. În automatizările moderne, partea de automatizare reprezintă o investiţie de 6—12% din investiţia globală fără a lua în consideraţie automatizarea maşinilor-unelte sau a unor agregate speciale unde acest procent poate ajunge la 30% şi uneori chiar mai mult. Dacă ne referim numai la aparatura specifică de automatizare şi deci nu luăm în consideraţie legăturile, panourile, manopera de instalare se poate aprecia că aproximativ 5% din întreaga investiţie va reprezenta aparatura specifică de automatizare. Chiar la data actuală sînt în industria noastră unităţi care au capacitatea tehnică şi de fabricaţie pentru a prelua asimilarea şi producţia de asemenea aparate. După cum se ştie în domeniul sistemelor automatizate apare o mare varietate de părţi componente din cauza diversităţii para-

*) Ing. I. PAPADACHE este şeful secţiei Automatizări în Institutul de cercetări electrotehnice şi secretar ştiinţific al Comisiei de automatizare a Academiei R.P.R.

metrilor pentru care se aplică automatizarea cît şi din cauza cerinţelor de precizie şi domeniu de variaţie pe care le impune buna conducere a procesului tehnologic. Din această cauză este de aşteptat că aproximativ 25%, adică 1% din valoarea de investiţie din această aparatură de automatizare va fi de serie foarte mică sau foarte specială şi va trebui procurată din import.

Obiectivul care trebuie fixat este asimilarea într-o perioadă de aproximativ cinci ani a unei serii complete de asemenea elemente. Aceasta va reprezenta ca valoare de producţie aproximativ 4% din întreaga investiţie industrială, ceea ce arată importanţa care trebuie acordată acestei producţii. Care sînt direcţiile în care se dezvoltă acum această aparatură de automatizare? Este locul să semnalăm ideea excesivă răspîndită în ultimul timp că automatizarea tinde să se identifice cu electronica. De fapt automatica industrială se caracterizează de cele mai multe ori prin asocierea de tehnici foarte diferite: electrică, electronică, pneumatică, hidraulică şi un sistem de reglare poate fi construit cu aceste principii diferite, obţinîndu-se soluţii tehnice valabile în mod egal pentru aceeaşi problemă de automatizare. Electricitatea şi aerul comprimat îndeplinesc într-o gamă destul de largă de cazuri condiţiile cerute. Totuşi traductorii sînt cel mai des de natură electrică din cauza numărului mare de metode care permit transformarea mărimilor fizice cele mai diverse în mărimi electrice. Cu cît distanţele la care se transmit mărimile de comandă sînt mai mari, avantajele electricităţii ca mijloc de transmisie devin mai accentuate, ceea ce explică faptul că la data actuală, organe pneumatice şi hidraulice sînt comandate prin electrovane.

Considerăm deci că în situaţia noastră trebuie să abordăm în mod simultan fabricarea de aparatură de automatizare pe principii electronice şi pneumatice cum şi electropneumatice.

În ce priveşte concepţia constructivă a acestor elemente de automatizare este de observat tendinţa spre sistemul „baukasten", adică întrebuinţarea de blocuri individuale cu care să se compună sistemul de reglare, avînd caracteristicile dorite. Această concepţie conduce spre o normalizare a mărimilor de intrare şi ieşire din elementele componente inclusiv a limitelor de variaţie. De exemplu, mărimea de ieşire pneumatică dintr-un transformator electro-pneumatic tinde a fi normalizată pentru variaţii în domeniul 0,2—1,0 kg/cm². În domeniul regulatoarelor electrice această mărime de ieşire este deseori cuprinsă între 0—20 mA.

O serie completă reprezintă tipul sovietic AUS de tip pneumatic (fig. 1); indicăm de asemenea realizarea fabricii Hartmann şi Braun a unei serii de principii electronice (fig. 2), de asemenea de tipul baukasten.

Concentrarea de informaţii pe care o necesită supravegherea modernă a proceselor de producţie a dus la realizarea camerelor de comandă centralizată — comandă prin dispecer — şi ca

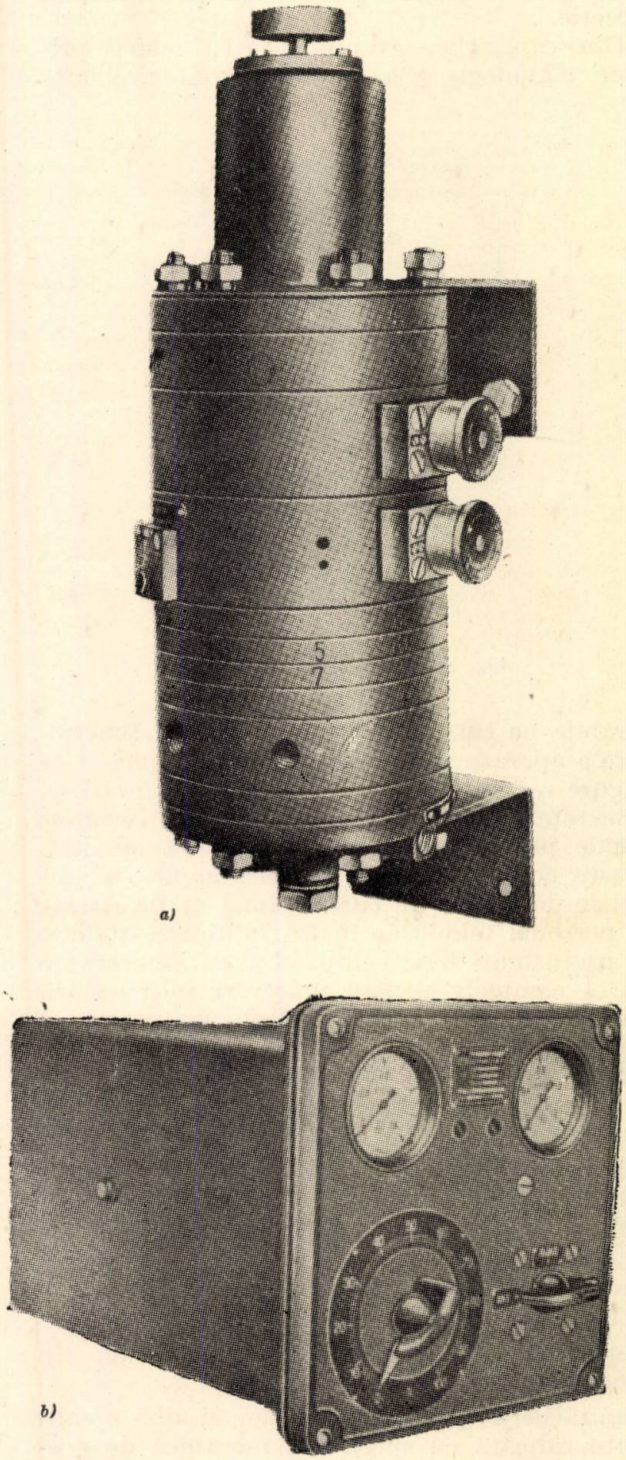


Fig. 1. Elemente din sistemul pneumatic unificat sovietic AUS:
a — regulator PID; *b* — elementul indicator.

urmare apariţia unui mare număr de aparate pe panourile din camera dispecerului. Pentru a se reduce dimensiunile excesive ale acestor

panouri, construcţiile actuale sînt de tip miniaturizat. Seria sovietică AUS amintită mai sus a trecut în ultimul an de la seria de dimensiuni normale la seria miniaturizată. Întrebuinţarea transistorilor va crea posibilităţi noi în această direcţie.

Din cauza importanţei pentru întreg procesul tehnologic şi a efectelor economice nefa-

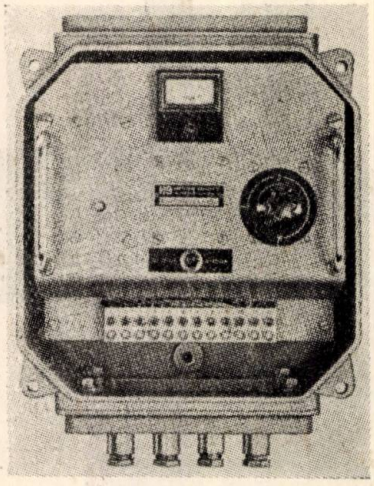


Fig. 2. Regulator electronic P.

vorabile pe care le-ar avea o proastă funcţionare a aparaturii de automatizare trebuie să se asigure o fabricaţie de calitate, adică precizie, robusteţe, sensibilitate, care depăşesc cerinţele uzuale pentru aparatura de măsură curentă. Aceste cerinţe implică alegerea atentă a unităţilor de fabricaţie care trebuie să fie dotate cu personal tehnic de înaltă calificare, ateliere de prototipuri bine echipate şi cu laboratoare foarte complete pentru măsurări şi încercări, cum şi cu maşini şi instalaţii de producţie moderne.

În rezumat deci, în ce priveşte producţia elementelor de automatizare sînt de reţinut următoarele :

trebuie realizate serii unitare de elemente de automatizare care să se poată asambla în sisteme automate sau de control centralizat ;

este necesară asimilarea unei serii electronice şi a unei serii pneumatice cum şi elemente de legătură electropneumatice ;

aparatura de panou trebuie să fie de tip miniaturizat ;

unităţile de producţie trebuie să aibă o calificare ridicată cu specific de mecanică de precizie şi electronic, dotate cu laboratoare bine dezvoltate.

Dacă fabricarea elementelor de automatizare este în situaţia de la noi problema căreia trebuie să i se acorde o primă importanţă, imediat următoare în importanţă este formarea de cadre de specialişti la diferite nivele de pregătire tehnică. Deşi în ultimii ani prin eforturile comune ale Academiei R.P.R., ale învăţămîntului politehnic şi ale ASIT, un progres s-a făcut pentru învăţămîntul superior, totuşi atît pentru ingineri cît şi pentru personalul tehnic mediu situaţia nu poate fi considerată satisfăcătoare. Dacă dezvoltarea automaticii în U.R.S.S. a luat în ultimii ani o cadenţă care a impresionat întreaga lume, aceasta se datoreşte în primul rînd extinderii cunoştinţelor despre automatică într-un cadru larg de tehnicieni, creîndu-se în felul acesta contribuţia maselor largi la această tehnică nouă. După o vizită făcută în U.R.S.S. de o delegaţie de automatişti americani, în impresiile publicate de revista Instruments and Automation din decembrie 1958, preşedintele delegaţiei relatează ca un fapt care l-a impresionat îndeosebi, interesul pe care îl arată tehnicienii sovietici pentru tot ce are legătură cu domeniul automaticii.

Dacă ne gîndim şi la dezvoltarea de perspectivă, socotim că în învăţămîntul politehnic trebuie să se facă un loc mai important automaticii şi disciplinelor conexe, ca de exemplu : elementele de măsură şi automatizare, maşini de calcul.

Calităţile cele mai importante în exploatare ale aparaturii de automatizare sînt, fără îndoială, robusteţea şi siguranţa de funcţionare. Totuşi, această din urmă calitate nu poate să fie asigurată decît dacă aparatura funcţionează în condiţiile de întrebuinţare fixate de constructor şi, în particular, dacă se aplică prescripţiile de verificare şi de întreţinere periodică. Această chestiune este legată de formarea personalului avînd o calificare profesională medie în automatică. Modalitatea de formare a acestor tehnicieni, în şcoli medii, în cursuri postşcolare sau în cadrul marilor organizaţii industriale este încă o chestiune deschisă. Este de semnalat iniţiativa luată recent de ASIT şi de Comisia de Automatizare a Academiei R.P.R. de a se ocupa de această chestiune pentru a face în scurt timp propuneri concrete.

Automatizarea proceselor industriale necesită o intensă activitate de cercetare. Pe de o parte trebuie să se cunoască bine caracteristicile procesului care trebuie automatizat, fie prin măsurări în regim staţionar sau în regim tranzitoriu, fie prin studiul cu ajutorul unei maşini analoge a ecuaţiilor care descriu aceste regimuri. Această cunoaştere a proceselor este deseori indispensabilă pentru a concepe un sistem automat corespunzător. Studiul aprofundat al unor procese tehnologice în vederea automatizării poate să aibă ca rezultat modificări fundamentale în structura utilajului cu care se realizează acest proces tehnologic. Pînă acum reglarea automată s-a aplicat aproape exclusiv prin instalarea unor sisteme independente avînd o comportare combinînd efectul proporţional integral sau derivativ, fiecare sistem cuprinzînd

măsurarea unui singur parametru de obicei în legătură indirectă cu produsul dorit. Valoarea acestui parametru, care trebuie menţinută prin reglare, este stabilită aproape totdeauna pe baza experienţei căpătate în instalaţii analoge. Aceas-

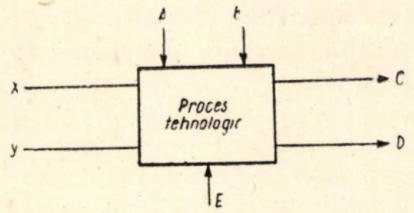


Fig. 3. Proces tehnologic :
XY – parametri reglabili ; CD – produsele procesului tehnologic ; AB – parametri care nu pot fi reglaţi ; E – date introduse în maşină.

tă valoare poate fi modificată prin operaţii manuale. Această fază poate fi considerată ca epoca statică a sistemelor de reglare. Posibilitatea de a măsura rapid însăşi compoziţia produsului deschide acum posibilitatea unui control dinamic al fabricaţiei, analog cu sistemele întrebuinţate la lansarea sateliţilor. În asemenea cazuri, factorii care influenţează performanţele procesului tehnologic sînt urmăriţi -şi întrebuinţaţi cu ajutorul maşinilor de calcul speciale (fig. 3). În funcţie de valorile parametrilor necontrolabili şi de datele economice introduse în maşină, reglarea procesului tehnologic constă în a stabili valorile parametrilor reglabili E, F,... pentru a obţine beneficiul maxim. Un asemenea sistem automat presupune stabilirea unor ecuaţii de felul următor :

$$X = f(A,\ B,\ E).$$

În cazurile în care s-au realizat asemenea automatizări s-a constatat că investiţiile respective au fost amortizate în 0,6—2 ani.

Această nouă fază a dezvoltării automatizării proceselor de producţie este la început şi este clar, de exemplu, că obţinerea unei anumite compoziţii chimice este o problemă mult mai complexă decît controlul unei maşini. Ca un exemplu simplu, reglarea grosimii tablei laminate poate fi măsurată continuu cu un dispozitiv cu raze X şi pe această bază stabilită o reglare corespunzătoare a maşinilor de acţionare. Reglarea unei compoziţii chimice este legată de un mare număr de variabile independete şi optimizarea economică a unei asemenea instalaţii este o problemă mult mai complicată. Este evident că un progres în această direcţie va necesita cercetări asupra caracteristicilor dinamice ale procesului tehnologic respectiv, adică studii experimentale de laborator sau în staţii-pilot, consideraţii teoretice, cum şi măsurări efectuate pe unităţi analoge aflate în producţie.

Această activitate trebuie concentrată, împreună cu studiul aparaturii de automatizare într-un institut de automatizări. Scopul lui va fi să întocmească schemele tip de automatizare pentru toate domeniile industriale din ţară. În această privinţă experienţa căpătată în U.R.S.S., Cehoslovacia, Polonia etc. în care există institute de acest tip va fi de mare folos pentru întocmirea unui plan de dezvoltare eficient. Concluziile acestei treceri sumare în revistă a problemelor fundamentale pe care le pune dezvoltarea automatizărilor în R.P.R. sînt următoarele :

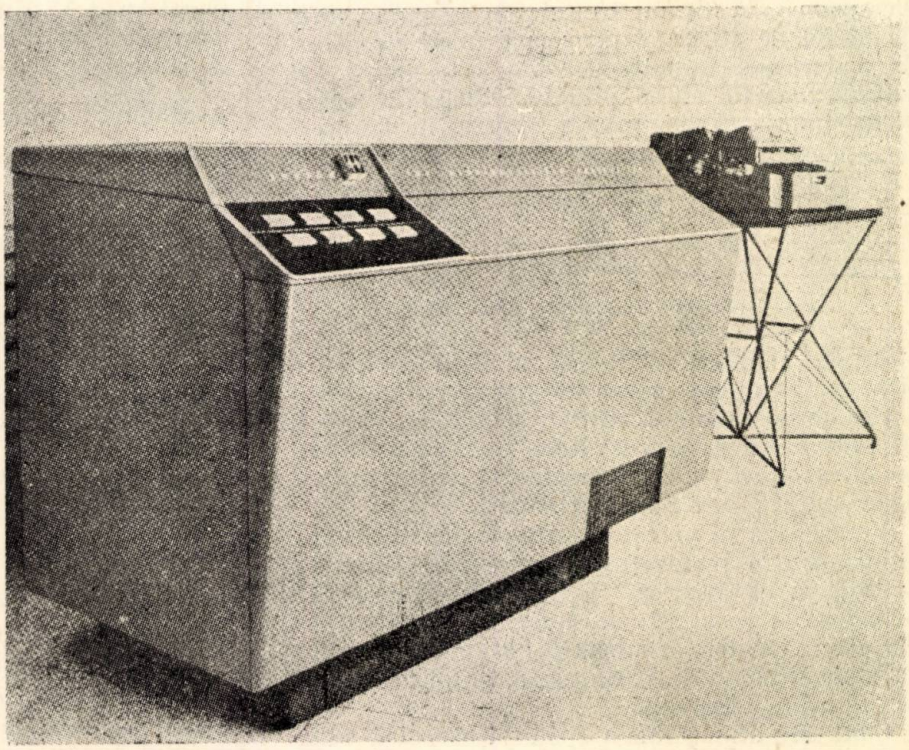


Fig. 4. Maşină de calcul numerică pentru automatizarea industrială.

1. Este necesară dezvoltarea unei fabricaţii de aparate de automatizare în ţară. Pentru aceasta există premisele necesare şi anume cadre tehnice pentru asimilarea acestei fabricaţii, cum şi fabrici al căror nivel tehnic şi dotare sînt corespunzătoare acestei producţii. Se estimează că pînă în anul 1965 s-ar putea realiza în ţară aproximativ 80% din aparatura necesară (în valori).

2. Cu scopul formării de cadre de specialişti şi pentru cunoaşterea metodelor automaticii de către inginerii din ramurile tehnice interesate este necesară dezvoltarea învăţămîntului tehnicii reglării automate în institutele politehnice din ţară.

3. Exploatarea şi întreţinerea în bune condiţii a instalaţiilor automate necesită un personal calificat de tehnicitate medie. În această direcţie, realizările de pînă acum sînt nesatisfăcătoare.

4. Noile metode de automatizare sînt legate de cercetări extinse experimentale şi teoretice. De asemenea, conducerea proceselor tehnologice va fi încredinţată maşinilor de calcul de tip special. Această activitate trebuie să se concentreze în cadrul unui institut de automatică care să furnizeze industriilor şi institutelor de proiectări informaţiile necesare şi scheme tip pentru automatizări.

EDMOND NICOLAU *)

Cercetări în electronică în R.P.R.

CZ 621.37/.38.001.5 (R)

Se poate afirma fără exagerare că cercetarea în electronică s-a dezvoltat în ţara noastră numai după 23 August 1944. În adevăr, pe cînd în timpul regimului burghezo-moşieresc, la noi s-au efectuat doar cîteva studii de cercetări în electronică, în ultimii 15 ani s-au efectuat sute de astfel de studii, dintre care unele deosebit de valoroase, importante atît din punct de vedere teoretic cît şi practic. Afirmaţia acad. Nesmeianov, că electronica merge în fruntea

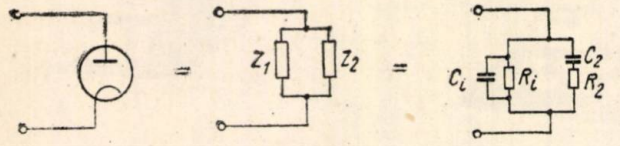


Fig. 1. Schema echivalentă a unei diode.

ştiinţelor tehnice, se aplică azi şi la noi. Datorită sprijinului acordat de partid şi guvern, astăzi toate ramurile ştiinţei şi tehnicii cunosc în ţara noastră o dezvoltare încă neîntîlnită, iar electronica profită din plin de aceste minunate condiţii care i-au fost oferite.

Vom căuta să prezentăm în cele ce urmează, cîteva dintre rezultatele remarcabile obţinute la noi, în electronică. Se vor prezenta astfel principalele rezultate obţinute în următoarele direcţii: tuburi electronice, stabilitatea circuitelor electronice, oscilatoare, amplificatoare, electronică industrială.

Cum studiile publicate în electronică sînt foarte numeroase şi variate ca preocupări, se vor prezenta numai unele dintre ele, care sînt semnificative.

Tuburi electronice

Cercetări interesante au fost întreprinse atît asupra diodelor şi triodelor, cît şi asupra lentilelor electronice. Astfel, analizîndu-se procesele intime care au loc în diode, s-a arătat [1] că schema echivalentă a unei diode nu este cea cunoscută. Schema exactă, valabilă în joasă frecvenţă este formată din două impedanţe în paralel (fig. 1). Una, Z_2, corespunde componentei de convecţie a curentului din diodă, cealaltă Z_1, este formată din rezistenţa internă R_i, în paralel cu o capacitate negativă $C_1 = -\frac{2,2}{3}C_{es}$ unde C_{es} este capacitatea electrostatică dintre electrozi. Această capacitate negativă corespunde efectului de inerţie ce apare în mişcarea electronilor.

Z_2 este formată din o capacitate C_2 în serie cu o mică rezistenţă R_2. C_2 corespunde capacităţii C_{es} dintre anod şi catod, însă este mai mare decît C_{es}, deoarece în afară de sarcina de pe electrozi — singura care contribuie la C_{es} — aici se ţine cont şi de sarcina spaţială. Relaţia dintre C_2 şi C_{es} este: $C_2 = \frac{4}{3}C_{es}$. Ţinînd cont de prezenţa celor două capacităţi, se ajunge la o capacitate totală echivalentă $C_e = \frac{3}{5}C_{es}$.

Deducţiile, schema echivalentă şi concluziile sînt valabile pentru un regim la care timpul de tranzit al electronilor este mic, $\theta < 0,1\pi$.

Aceste rezultate se pot aplica imediat la circuitul de grilă al unei triode. Într-un regim normal de funcţionare, $i_g = 0$, deci componenta Z_1 dispare, impedanţa de intrare reducîndu-se la Z_2. Trecînd rezistenţa R_2 din serie cu C_2, în derivaţie, se găseşte că rezistenţa de intrare a unei triode variază invers proporţional cu frecvenţa.

De asemenea s-au obţinut expresii generale pentru capacitatea şi conductanţa unui tub electronic, ţinîndu-se seama atît de efectul sarcinii spaţiale dintre electrozi, cît şi de cuplajele capacitive dintre electrodul de intrare şi diferite puncte ale reţelei conectate la tub [2].

---

*) Ing. EDM. NICOLAU este profesor la catedra de tuburi electronice şi tehnică nucleară a Institutului Politehnic din Bucureşti.

Aceste studii au fost completate spre a se ține cont de faptul că electronii nu părăsesc toți catodul cu aceeași viteză, ci au o anumită distribuție a vitezelor. Această distribuție are ca efect faptul că la tuburi se obține o capacitate de intrare mai mare decît cea electrostatică. Efectul este mai pronunțat în domeniul curenților slabi, în care caz distribuția vitezelor devine mai importantă.

Cu alte cuvinte, capacitatea de intrare a unui tub depinde de tensiunea aplicată grilei : sîntem deci în prezența unei capacități neliniare. Această observație a condus la necesitatea unei clasificări a capacităților neliniare. De acest efect s-a ținut de asemenea cont în comportarea oscilatorilor electronici.

În ceea ce privește lentilele electronice, s-a studiat atît lentilele electrostatice, cît și cele magnetice.

În cazul lentilelor electrostatice s-a dat o aproximație mai bună decît cea curentă, pentru potențialul și cîmpul în axa unei lentile formată dintr-o succesiune periodică de cilindri egali, coaxiali [3].

În cazul lentilelor magnetice, se consideră o succesiune periodică de bobine circulare, cu manta feromagnetică [4].

În ambele cazuri, formulele obținute sînt mai simple și mai ușor de aplicat decît cele obținute considerînd că lentila are o lungime infinită.

Impedanțe negative

În studiul circuitelor electronice, o problemă deosebit de importantă atît din punct de vedere teoretic cît și practic, este aceea a oscilatorilor. Se știe mai de mult că într-un circuit LC se produc oscilații dacă se anulează rezistența de pierderi cu o rezistență negativă realizată de către un element electronic.

Plecînd de la existența rezistențelor negative, se pune în mod firesc problema realizării lor și a generalizării lor la impedanțe negative.

Studiindu-se rețelele electrice din punct de vedere energetic, s-a demonstrat [5] că nu se pot produce rezistențe diferențiale negative cu rețele electrice formate numai din elemente pasive, pozitive și surse de curent continuu. S-a dat, de asemenea, un criteriu energetic de definire a reactanțelor și în general a impedanțelor negative. Un dipol este rezistiv dacă într-o evoluție închisă a tensiunii sau a curentului la intrare, bilanțul energetic este diferit de zero. Dacă dipolul absoarbe energie, el este o rezistență pozitivă ; dacă cedează energie, el este o rezistență negativă. Dacă într-o evoluție închisă, bilanțul energetic este egal cu zero, dipolul este pur reactiv. Dacă într-o evoluție deschisă, plecînd de la starea electrică zero, el absoarbe energie, reactanța este pozitivă, în caz contrar, negativă.

S-au stabilit montaje care permit realizarea impedanțelor dinamice negative și s-au studiat proprietățile generale ale rețelelor electrice cu elemente negative [6].

S-au publicat diverse studii privind montaje cu tuburi electronice cu reacție, care prezintă caracteristici $u-i$ cu regiuni de rezistență negativă.

S-au obținut [7], [8] atît caracteristici S, cît și N, cît și mixte, avînd unele porțiuni tip S, iar altele tip N.

Un rezultat important care s-a obținut este acela că un element care prezintă o rezistență negativă, în mod obligator prezintă și o reactanță pozitivă [9]. Anume, în cazul unei caracteristici în S, elementul are asociat în serii o inductanță, iar în cazul unei caracteristici în N, o capacitate de derivație.

Stabilitatea circuitelor electronice

Stabilitatea circuitelor electronice formează o preocupare mai veche la noi, existînd numeroase studii în această direcție. Unele studii se referă la cazuri concrete de circuite foarte des utilizate în practică, altele la cazuri generale.

Ca circuit particular s-a studiat circuitul LC cu pierderi (fig. 2), care este circuitul oscilant cel mai întîlnit. Studiul stabilității sale, pentru un regim liniar de funcționare s-a dat în [10].

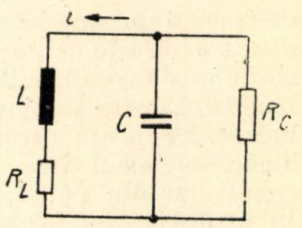


Fig. 2. Circuitul LC cu pierderi.

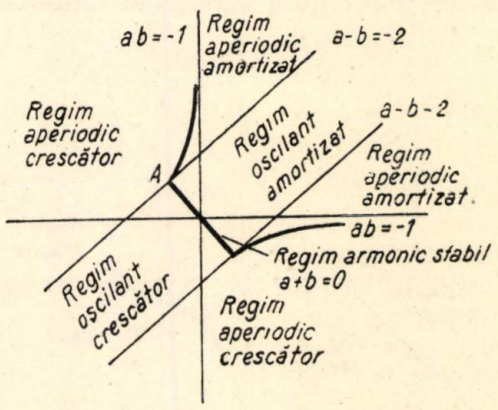


Fig. 3. Studiul stabilității unui circuit oscilant în planul $a-b$.

Din ecuația diferențială a sistemului se stabilește imediat caracterul rădăcinilor ecuației caracteristice. Studiul se poate face foarte comod în planul a, b, unde a și b sînt inversele factorilor de calitate ai bobinei și condensatorului.

$$a = \frac{R_L}{\omega_0 L} = R_L\sqrt{\frac{C}{L}} \quad ; \quad b = \frac{1}{\omega_0 C R_C} = \frac{1}{R_C}\sqrt{\frac{L}{C}} \quad ;$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

În acest plan apar clar zonele de regimuri oscilante și de regim aperiodice amortizate sau crescătoare (fig. 3).

Producerea oscilaţiilor crescătoare impune condiţia

$$a + b = 0$$

sau

$$\frac{1}{CR_0} + \frac{R_L}{L} = 0$$

ceea ce arată că producerea oscilaţiilor crescătoare presupune că cel puţin un element din montaj să fie negativ.

În practică, elementele negative întîlnite aproape în exclusivitate sînt rezistenţele negative de tip arc (sau S) în serie cu L, sau de tip dinatron (sau N) în paralel cu C (fig. 4). Dar aceste elemente sînt neliniare. Un

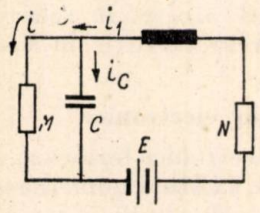


Fig. 4. Circuit electric cu două elemente rezistive neliniare.

studiu mai aproape de realitate trebuie deci să ţină seama de aceste neliniarităţi. Dar studiul matematic este îngreuiat de faptul că ecuaţiile diferenţiale la care se ajunge în acest caz sînt neliniare. Se poate totuşi face o primă tratare liniarizînd elementele şi studiind comportarea circuitului din fig. 4, în planul fazelor [11]. În modul acesta se determină nu numai regimurile de stabilitate, ci şi echilibrul punctelor statice de funcţionare. În fig. 5 s-a reprezentat diagrama b — a, indicîndu-se ce tipuri de puncte singulare de echilibru corespund diferitelor re-

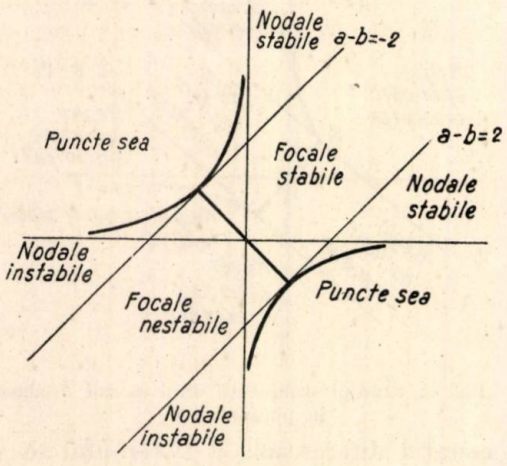


Fig. 5. Diagrama $b-a$.

gimuri. Cunoscîndu-se caracterul acestor puncte, se poate face un studiu calitativ în planul fazelor, determinîndu-se şi comportarea sistemului în jurul punctelor de echilibru.

Studiul general al stabilităţii circuitelor electrice a condus la o concluzie interesantă, care generalizează unele rezultate cunoscute anterior. Se ştia anume că un element S poate produce oscilaţii în serie cu o capacitate, iar un element N, în derivaţie cu o inductanţă. S-a arătat că această condiţie este legată de un criteriu general de stabilitate, care leagă la frecvenţa limită de amorsare ω_0 — variaţia reactanţei cu pulsaţia, de valoarea rezistenţei circuitului [12]. Acest criteriu se poate aplica şi circuitelor active neliniare, astfel încît se va reveni asupra acestei chestiuni în paragraful următor.

Oscilatori electronici

Studiul oscilatorilor liniari se poate face cu o metodă generală, ca şi studiul reţelelor pasive, dacă se pot înlocui elementele active din circuit,

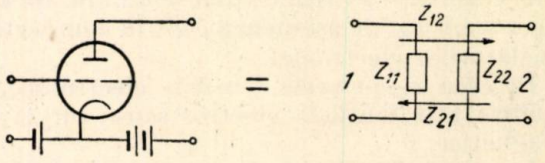


Fig. 6. Schema echivalentă a elementelor active.

adică tuburile electronice, cu elemente pasive. Evident, deoarece tuburile sînt elemente active, schema lor echivalentă va fi formată din elemente ce nu se pot realiza din elemente pasive.

S-a propus astfel o schemă sub forma unui cuadripol nereciproc [13] ca în fig. 6, unde:

$$Z_{11} = Z_g \qquad Z_{12} = \mu Z_g$$

$$Z_{21} = 0 \qquad Z_{22} = R_i$$

R_i fiind rezistenţa internă a tubului, μ — factorul de amplificare, iar Z_g — impedanţa de intrare a tubului.

Pentru studierea oscilatorilor liniari se înlocuiesc tuburile prin cuadripolii echivalenţi: în modul acesta reţeaua se reduce la o reţea pasivă nereciprocă. Ecuaţiile ochiurilor se scriu:

$$\sum_{k=1}^{N} Z_{jk} I_k = 0 \qquad (j = 1, \ldots, N)$$

Condiţia de oscilare este deci echivalentă cu condiţia ca sistemul de mai sus să admită soluţii nebanale, adică:

$$D = |Z_{jk}| = 0$$

Această condiţie complexă este echivalentă cu două condiţii reale: una dă frecvenţa de oscilaţie, cealaltă relaţia ce trebuie să existe între elementele circuitului, pentru ca acesta să admită oscilaţii întreţinute.

Această metodă permite să se determine şi criterii de stabilitate a circuitelor în sensul unei stabilităţi statice şi criterii de stabilitate a amplitudinii şi frecvenţei oscilatorilor liniari.

În cazul în care amplitudinea oscilaţiilor este mare, este necesar a se ţine cont de neliniarităţile din circuit. Metoda încă se poate aplica, liniarizînd elementele neliniare din circuit, adică considerînd valori medii pentru impedanţele neliniare.

În acest caz, notînd cu A amplitudinea oscilaţiei (de fapt a fundamentalei), Z_{jk} va depinde de A şi de ω

$$Z_{jk} = Z_{jk}(A, \omega)$$

Condiţia $D = 0$ permite să se determine uşor comportarea unui sistem, pentru variaţiile unui parametru n al sistemului, în jurul unei valori de stabilitate caracterizată prin A_0 şi ω_0. Datorită variaţiei parametrului n cu δn, se produce o variaţie a lui A cu δA şi a lui ω cu $\delta\omega$. Se arată că [10] dacă sistemul rămîne mai departe oscilant,

$$\left(\frac{\partial D}{\partial n}\right)_0 \delta n + \left(\frac{\partial D}{\partial A}\right)_0 \delta A + \left(\frac{\partial D}{\partial \omega}\right)_0 \delta\omega = 0$$

indicele 0 indicînd că derivata se ia în jurul punctului A_0 ω_0.

Prin transformări, punînd în evidenţă impedanţa de intrare a sistemului

$$Z = \mathcal{R} + j\mathcal{X}$$

condiţia de stabilitate se scrie [14]

$$\mathcal{R}_A \mathcal{X}_\omega - \mathcal{R}_\omega \mathcal{X}_A > 0$$

Dacă inegalitatea are sens contrar, atunci sistemul este instabil din punct de vedere al menţinerii oscilaţiilor, deci stabil din punct de vedere al imposibilităţii apariţiei oscilaţiilor.

În cazul simplu al unui singur organ negativ rezistiv, cuplat cu o reţea electrică, condiţia de oscilare este [15]:

$$-RX_\omega < 0$$

În legătură cu funcţionarea neliniară a oscilatorilor, sînt de menţionat o serie de studii privind limitarea amplitudinii la oscilatorii cu negativare fixă [16], încadrarea matematică a funcţionării multivibratoarelor, punerea în evidenţă a impedanţei de intrare a unor montaje oscilante cu tuburi cu vid şi gaz [17], studiul stabilităţii frecvenţei oscilatorilor, oscilatori cu tuburi cu gaz, o interpretare a relaţiei lui Barckhausen [18] etc.

De asemenea, s-a studiat [19], fenomenul de tîrîre a frecvenţei, punîndu-se în evidenţă unele fenomene noi, în special faptul că există o plaje de sincronizare, plaje care se situează la frecvenţe diferite de cele prevăzute teoretic.

Aceste fenomene sînt legate de neliniarităţile funcţionării oscilatorului cu care s-a experimentat. În ultimii ani la noi s-au studiat şi oscilatori cu neliniaritate externă — adică oscilatori la care tubul funcţionează în regiunea liniară, limitarea amplitudinii făcîndu-se de către elemente neliniare externe: diode polarizate, dispuse în circuit în puncte convenabile. S-a studiat şi cazul oscilatorilor la care contează neliniaritatea capacităţii de intrare.

În afara acestor studii cu un caracter de cercetare ştiinţifică, sînt de semnalat alte cercetări privind metodica de proiectare a oscilatorului RC [20], a oscilatorului autoblocat pulsat etc.

Studiul amplificatorului de clasă C

Amplificatorul clasă C a format obiectul a numeroase studii efectuate la noi [21].

Printre cele mai importante rezultate obţinute, trebuie menţionate: schema echivalentă în care se ţine cont de curentul de grilă; diagramele generale ale amplificatorilor clasă C şi caracteristicile generale ale amplificatorilor clasă C modulaţi.

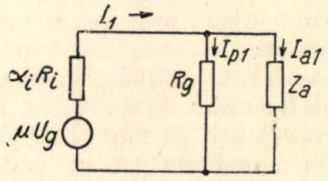


Fig. 7. Schema echivalentă a amplificatorului clasă C.

Schema echivalentă (fig. 7) diferă de cea cunoscută prin aceea că se ţine cont şi de fundamentala I_{g1} a curentului de grilă, ceea ce face ca în paralel pe rezistenţa de sarcină Z_a să apară o rezistenţă $R_g = U_a/I_{g1}$.

Diagramele de calcul permit să se deducă uşor nu numai un anume regim particular de funcţionare, ci şi felul în care se schimbă în mod continuu regimul de funcţionare, atunci cînd unul dintre parametri variază. Din aceste grafice se mai pot deduce condiţiile de funcţionare, atunci cînd în loc de valorile parametrilor fizici principali, se dau anumite condiţii limită pentru unele dintre mărimile caracteristice de funcţionare, cum ar fi: randamentul, tensiunea anodică, curentul maxim etc. Aceste grafice se pot aplica oricărui tub şi oricărei impedanţe anodice.

Alte caracteristici importante sînt caracteristicile de excitaţie, care permit să se determine uşor cum se modifică fundamentala I_1 a curentului catodic, atunci cînd variază excitaţia U_g, ceilalţi parametri rămînînd constanţi.

Cele mai importante caracteristici determinate la noi sînt însă cele de modulaţie. Ele permit să se urmărească modul în care se modifică regimul de lucru, adică I_1, atunci cînd variază E_a sau E_g, excitaţia U_g păstrînd o valoare constantă.

Toate aceste familii de caracteristici s-au determinat pentru triode şi aproximînd caracteristicile prin parabole de grad n. Curbele sînt reprezentate pentru trei valori uzuale ale lui n: 1, 1,25 şi 1,5.

Menţionăm că s-au construit şi caracteristicile $i_0 = f(\varepsilon_0)$, ce servesc la urmărirea curentului mediu în procesul de modulaţie.

O ultimă familie de caracteristici determinate sînt diagramele generale. Ele s-au introdus datorită unor necesităţi expuse mai jos.

Atunci cînd se urmăreşte găsirea condiţiilor optime de funcţionare ale unui amplificator clasă C, este util a se urmări variaţia unora

dintre mărimile principale de funcţionare $\left(P_u, P_a, P_d, \eta, \xi, \theta, \frac{u_{gM}}{u_{am}}, I_N \text{ etc.}\right)$ atunci cînd se modifică unul dintre parametrii care s-au ales iniţial.

S-au construit patru familii de diagrame generale, după cum se dă E_a şi I_μ, E_a şi Z, E_a şi P_d, E_a şi γ. Toate diagramele s-au calculat pentru tuburi cu caracteristici parabole, cu $n = 1$, 1,25 şi 1,5.

Amplificatori liniari

În problema amplificatorilor liniari s-au studiat două chestiuni şi anume : amplificatorii cu reacţie şi amplificatorii de curent continuu. Astfel, la amplificatorii cu reacţie negativă s-a determinat stabilitatea caracteristicii de frecvenţă atît ca modul cît şi ca fază, ajungîndu-se la concluzia că în general sînt de preferat schemele cu reacţie complexă. În cazul amplificatoarelor de impulsuri, atunci cînd stabilitatea formei tensiunii la ieşire nu joacă un rol mare, este indicat a se lucra cu un grad de reacţie mare pentru a se asigura stabilitatea amplificării mărimii impulsului.

Amplificatorii cu reacţie pozitivi, de asemenea, au format obiectul unor studii care au determinat metodica proiectării lor, în vederea obţinerii unor performanţe impuse.

În ceea ce priveşte amplificatorii de curent continuu, se vor trata în partea rezervată maşinilor electronice de calculat.

Electronica industrială

În această direcţie sînt de remarcat o serie întreagă de realizări, dintre care unele au fost menţionate în alte articole. Ele sînt : defectoscop ultrasonor, instalaţie ultrasonoră pentru degresări şi prelucrări de materiale dure şi casante, sincroscop, pH-metru electronic, aparat pentru măsurarea umidităţii transformatorilor etc.

În cele ce urmează ne vom ocupa în special de unele rezultate intermitente privind încălzirea prin inducţie şi apoi de alte diverse cercetări în această direcţie.

Încălzirea prin inducţie. Încălzirea prin inducţie are astăzi aplicaţii dintre cele mai variate, în foarte numeroase sectoare industriale. Cu toate acestea, unele aplicaţii nu se făceau în condiţii ştiinţifice, nefiind stabilite condiţiile optime de funcţionare a instalaţiilor. Prin întocmirea unei analize ştiinţifice adîncite a fenomenului de încălzire prin inducţie, s-au putut stabili condiţii noi de funcţionare a instalaţiilor de încălzire prin inducţie, condiţii care nu sînt descrise în literatura de specialitate şi care conduc la randamente superioare celor întîlnite în mod curent. Este indicat a face o scurtă trecere în revistă a acestor interesante rezultate.

În aplicaţiile încălzirii prin inducţie, parametrii fundamentali care intervin în caracterizarea procesului electromagnetic şi termic sînt : frecvenţa şi puterea specifică. Frecvenţa şi constantele electrice şi magnetice ale materialului determină *adîncimea de pătrundere* sau *constanta de pătrundere* a energiei electromagnetice, p.

Raportul a/p dintre grosimea a a materialului, considerată după direcţia de pătrundere a energiei, adică după direcţia vectorului Poynting — şi constanta p, este o mărime de bază în stabilirea distribuţiei cîmpului încălzit. Aceasta duce deci la cunoaşterea distribuţiei surselor termice în corpul considerat şi deci, la stabilirea regimului termic.

De obicei, atunci cînd se încearcă să se stabilească frecvenţele optime de lucru, se ia în considerare numai fenomenul electromagnetic, care este el însuşi destul de complicat şi se lasă de o parte interdependenţa dintre acest fenomen şi cel termic, care introduce dificultăţi matematice foarte mari. În general, frecvenţa de lucru se alege astfel încît să se realizeze un bun randament de transfer.

Un prim rezultat al analizei ştiinţifice efectuate asupra procesului de încălzire prin inducţie a fost stabilirea faptului că în timp ce la piesele groase este indicat ca încălzirea să se facă cu flux longitudinal, în cazul pieselor subţiri — cum sînt tolele — este indicat ca încălzirea să se facă cu flux transversal, deoarece în acest caz fluxul de putere trece de-a lungul piesei. În această situaţie, pe direcţia de pătrundere a energiei electromagnetice se întîlneşte o grosime mult mai mare de metal ca în cazul unei încălziri cu flux longitudinal şi absorbţia de energie în banda de metal creşte.

Alte studii importante s-au făcut referitor la alegerea frecvenţei şi a puterii specifice la încălzirea cu flux longitudinal [22].

În cazul unei piese cilindrice lungi, randamentul de transfer este :

$$\eta_t = \frac{1}{1+\frac{P_1}{P_2}}$$

în care P_1 este puterea disipată în inductor, iar P_2 în piesă.

Se arată că :

$$\frac{P_1}{P_2} = A\,\frac{1}{\mathfrak{F}_5(\alpha_2)}$$

unde $\alpha_2 = \sqrt{2}\,\frac{a}{p}$, iar A este o anume funcţie care nu depinde de α_2.

Pentru ca randamentul să fie mare, este necesar printre altele ca valoarea funcţiei $\mathfrak{F}_5$ să fie mare. Alura curbei lui $\mathfrak{F}_5$ arată că este inutil ca pentru o piesă dată să se mărească frecvenţa prea mult sau pentru o frecvenţă dată să se mărească prea mult diametrul impus piesei. Din fig. 8 — unde s-a reprezentat şi curba $1/\mathfrak{F}_5$

rezultă că este inutil a se mări valoarea lui α_a peste valoarea critică de 3,5.

În ceea ce privește puterea totală intrată în piesă pe o porțiune egală cu unitatea, este:

$$P_2 = B\mathfrak{F}_6(\alpha_2).$$

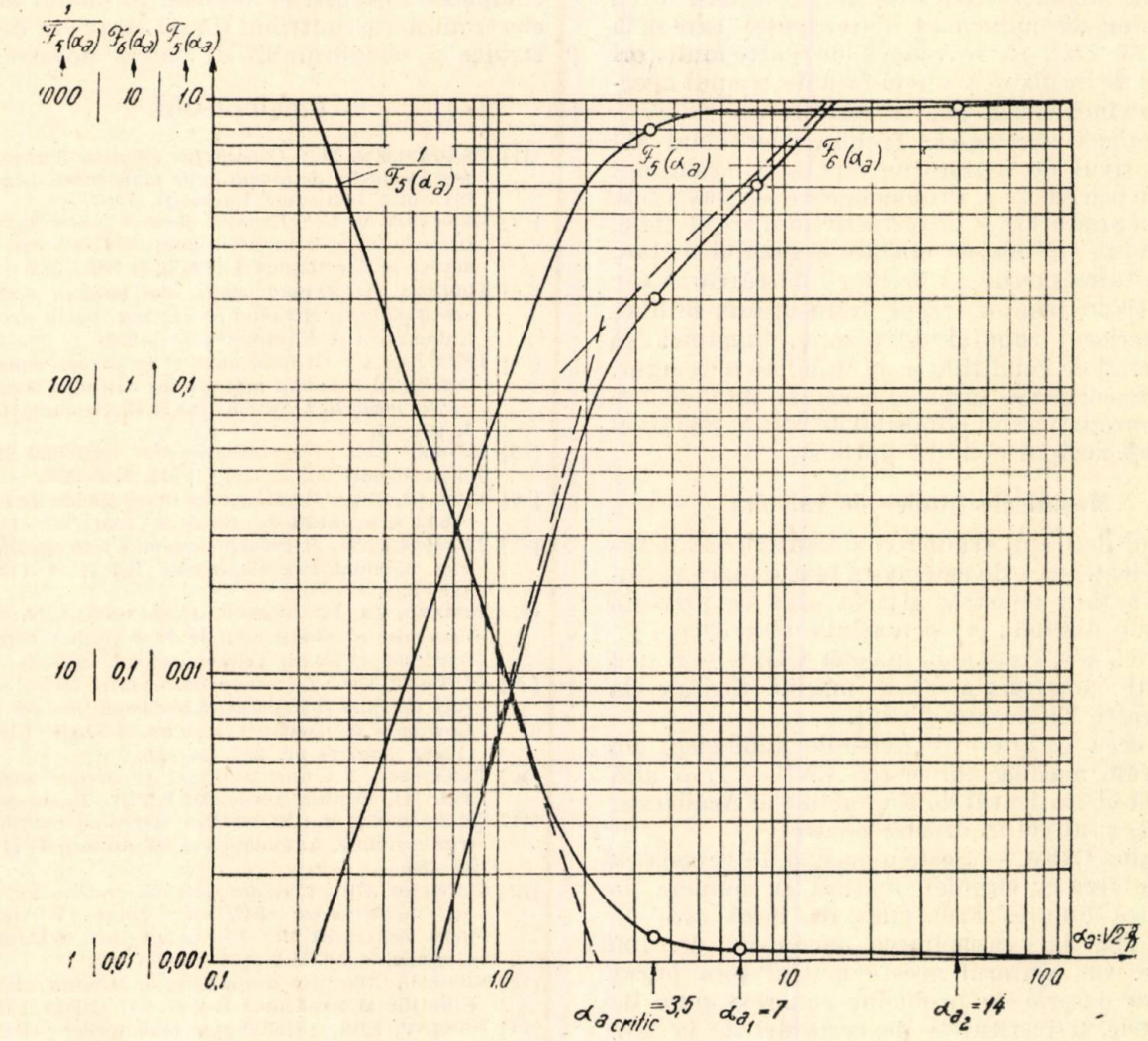


Fig. 8. Funcțiile $\mathfrak{F}_5(\alpha_2)$, $\frac{1}{\mathfrak{F}_5(\alpha_2)}$, $\mathfrak{F}_6(\alpha_2)$.

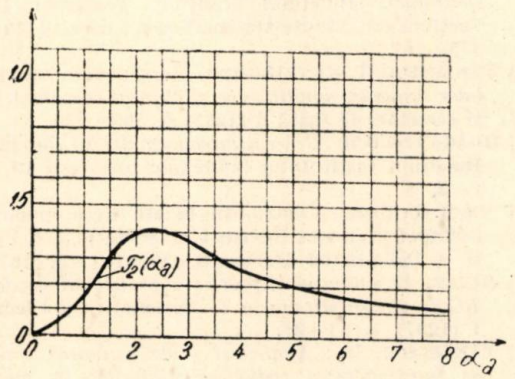


Fig. 9. Funcția $\mathfrak{F}_2(\alpha_a)$.

Funcția $\mathfrak{F}_6$ este reprezentată tot în fig. 8. Din alura acestei curbe se trage concluzia că pentru a avea o absorbție de putere suficient de intensă, este necesar ca $\alpha_2 > 3{,}5$, adică frecvența și diametrul piesei să fie suficient de mari.

Studii asemănătoare s-au făcut și pentru cazul încălzirii cu flux transversal. S-a ajuns la concluzia că randamentul de transfer este dependent de o funcție $\mathfrak{F}_2(\alpha)$, randamentul fiind maxim o dată cu această funcție. Din fig. 9 rezultă că în cazul încălzirii cu flux transversal nu se poate vorbi de o valoare critică a lui α, ci de o valoare optimă.

Teoria dezvoltată pentru încălzirea în flux transversal a fost dezvoltată pentru corpuri neferomagnetice, dar se poate aplica orientativ și pentru cazul $\mu_r > 1$, dacă μ_r este mic, rezultînd dintr-un cîmp magnetic intens și o putere specifică mare.

Rezultatele teoretice obținute au meritul de a arăta că folosirea frecvențelor înalte și a puterilor specifice mici nu constituie în multe cazuri soluția recomandată. De multe ori sînt de preferat frecvențele audio și în unele cazuri

chiar frecvenţa industrială. Aceste rezultate teoretice au fost aplicate în practică la uzinele „23 August" din Capitală, la încălzirea în masă a unor lingouri masive de fier, reuşindu-se ca prin alegerea judicioasă a frecvenţei (care se ia chiar 50 Hz), să se reducă de foarte multe ori durata de încălzire a piesei faţă de timpul necesar unei încălziri în cuptor termic.

Instalaţii electronice. Trebuie menţionat aci dispozitivul de reglare automată a curentului într-un arc electric. Problema care s-a pus a fost aceea a producerii şi întreţinerii unui arc electric, în condiţii optime de cracare a gazului metan. Dificultatea constă în aceea că descărcarea are loc într-un reactor, arcul desfăşurîndu-se liber în interiorul tubului de reacţie, lungimea sa depinzînd de condiţiile ce se stabilesc în reactor.

Redresorul are în gol o tensiune de 5 550 V şi un curent maxim admisibil de 240 A. Sistemul funcţionează în condiţii optime.

Maşini electronice de calculat

În ultimii ani, studierea şi construirea maşinilor electronice de calculat a luat o mare extindere în ţara noastră, atît în ceea ce priveşte maşinile digitale, cît şi maşinile analogice.

Astfel, s-a construit maşina CIFA — 1 şi a început construcţia altor maşini digitale la Bucureşti, Timişoara şi Cluj.

În ceea ce priveşte maşinile analogice, s-a construit maşina universală CAU — 1, o altă maşină la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. şi altele în diverse centre.

Maşina CIFA — 1 este o maşină universală cu poziţie fixă a virgulei, lucrînd cu numere de 32 cifre liniare. Frecvenţa de bază este de 5000 Hz, iar capacitatea memoriei de 700 adrese. Cu ajutorul aceste maşini s-au putut rezolva o serie de probleme concrete puse de industrie şi institutele de cercetări de la noi. Amintim că această maşină a fost prima de acest gen, care a fost construită într-o ţară de democraţie populară.

În ceea ce priveşte elementele maşinilor analogice, au apărut studii privind amplificatorii operaţionali cu control automat al derivei, proiectarea amplificatorilor operaţionali, elementele neliniare ale acestor maşini etc.

În afara acestor studii asupra elementelor, s-au publicat studii generale asupra simulării electronice a sistemelor de reglaj automat.

Concluzii

Marea varietate a problemelor citate anterior şi care reprezintă numai o parte din studiile mai importante efectuate în ultimii ani, arată clar uriaşul avînt pe care cercetarea în electronică o cunoaşte la noi. În curînd însă electronica va face un salt deosebit, prin introducerea în masă la noi a dispozitivelor cu semiconductori. Aceasta va duce desigur la un salt calitativ şi cantitativ în cercetarea în electronică şi deoarece sînt create toate condiţiile pentru asigurarea succesului, aceste cercetări vor avea o contribuţie deosebită în introducerea automatizării complexe a industriei noastre. În modul acesta, electronica va contribui direct la opera de construire a socialismului în patria noastră.

BIBLIOGRAFIE

[1] DRĂGĂNESCU, M.: *Capacităţile tuburilor electronice şi dependenţa lor de condiţiile de funcţionare.* Dizertaţie. Institutul Politehnic Bucureşti, 1957.

[2] DRĂGĂNESCU, M.: *Expresii generale pentru capacitatea şi conductanţa de intrare a unui tub electronic.* Automatica şi Electronica I (1957) 5, 209—212.

[3] ŢUGULEA, A.: *O aproximaţie mai bună a distribuţiei potenţialului şi cîmpului pe axa unei lentile electronice.* Automatica şi Electronica II (1958) 1, 23—29.

[4] ŢUGULEA, A.: *Calculul analitic prin aproximaţie al distribuţiei cîmpului magnetic pe axa unei lentile electronice magnetice.* Automatica şi Electronica II (1958) 3, 95—98.

[5] NICOLAU EDM.: *Impedanţe negative.* Buletinul Ştiinţific al Academiei R.P.R. III (1951), 385—397.

[6] NICOLAU, EDM.: *Reţele electrice cu organe liniare negative.* Studii şi cercetări de fizică, 2 (1951), 97—111.

[7] TĂNĂSESCU, T.: *Impedanţe electronice prin circuite simetrice.* Comunicările Academiei R.P.R. 7 (1957) 5, 521—531.

[8] CARTIANU, GH., IANCULESCU, Gh. şi COSTAKE, N.: *Circuite electronice cu reacţie pozitivă de tensiune şi curenţi cu rezistenţă negativă.* Telecomunicaţii 2(1958) 6, 249.

[9] CARTIANU, GH.: *La correspondance entre les caracteristiques statiques et les paramètres dynamiques des organes électriques à résistance négative.* L'Onde Electrique (1949) ianuarie nr. 262, 44—50.

[10] TĂNĂSESCU, T.: *Curs de tuburi şi circuite electronice.* Vol. III, Editura Academiei R.P.R., Bucureşti 1957.

[11] DRĂGĂNESCU, M.: *Stabilitatea statică a circuitelor electrice neliniare.* Automatica şi Electronica II (1958) 2, 48—85.

[12] CARTIANU, GH.: *Uber das Stabilitätsproblem der linearen und nichtlinearen elektrischen Kreise.* Wisssenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für elektrotechnik Ilmenau, 3 (1957) 2, 105—109.

[13] NICOLAU, EDM.: *Un nou criteriu de stabilitate.* Buletinul Ştiinţific al Academiei R.P.R. III (1951) 135—147.

[14] NICOLAU, EDM.: Stabilitatea oscilatorilor electronici. Buletinul ştiinţific al Academiei R.P.R. 6 (1954) 3, 691—697.

[15] CARTIANU, GH.: *Stabilitatea unui circuit electric oarecare cu rezistenţă negativă în sisteme neliniare.* Buletinul ştiinţific al Academiei R.P.R., Secţiunea de ştiinţe matematice şi fizice III (1951) 2, 261—292.

[16] TĂNĂSESCU, T.: *Limitarea amplitudinii în oscilatorii electronici.* Buletinul Ştiinţific, Academia R.P.R., Secţiunea de Ştiinţe Matematice şi Fizice, 2 (1950) 75, 475—487.

[17] TĂNĂSESCU, T. şi PIRINGHER, R.: *Tubul cu neon ca oscilator armonic, amplificator şi element basculant.* Studii şi cercetări de fizică 6 (1955) 4, 595—629.

[18] DRĂGĂNESCU M.: *Generalizarea formulei lui Barckhausen,* Buletinul Institutului Politehnic Bucureşti 19 (1957) 1—2,

[19] NICOLAU, EDM.: Contribuţii la studierea fenomenului *de tîrîre a frecvenţei.* Revista Universităţii „C.I. Parhon" şi a Politehnicii Bucureşti (1954) 4—5, 187—199.

[20] STERE, R.: *Studiul şi problema proiectării oscilatorilor RC cu circuit selectiv în* T. Automatica şi Electronica I (1957) 1, 14—21.

[21] TĂNĂSESCU, T.: *Analiza şi predeterminarea condiţiilor de funcţionare a radioamplificatorilor în modulaţii.* Studii şi cercetări de fizică 2 (1951) 3—4, 327—362,

[22] VAZACA, CHR.: *Încălzirea prin inducţie în joasă şi înaltă frecvenţă.* Editura Academiei R.P.R., Bucureşti, 1956. 534.

MARIO DUMA *)

Electronica în sprijinul introducerii tehnicii noi în industria R.P.R.

CZ 621.37/.38(09)(R)

Este greu să se supraevalueze importanța pe care o prezintă utilizarea electronicii pentru progresul tehnic al industriei.

Făcînd posibilă generarea unor oscilații de frecvențe ridicate și puteri mari, amplificarea considerabilă a semnalelor, prelucrarea logică și funcțională a acestora, electronica a devenit de nelipsit nu numai în domeniul comunicațiilor și al propagării valorilor culturale (prin diferitele procedee de înregistrare, redare și transmitere a sunetului și imaginii), ci și în cele mai variate procese tehnologice din industrie.

Intervenția electronicii în industrie se manifestă — în mare — pe două căi.

În primul rînd, electronica formează parte constitutivă a utilajului tehnologic propriu-zis; procese fizice sau chimice se produc pe baza acțiunii unor dispozitive electronice, sau, mai precis, energia nemijlocit utilizată în procesul tehnologic este obținută dintr-o energie primară cu ajutorul unor dispozitive electronice. Este cazul procedeelor de încălzire și călire prin înaltă frecvență, de utilizare a ultrasunetelor etc.

În al doilea rînd (ordinea clasificării nu urmărește nici ordinea importanței tehnice sau economice, nici ordinea cantitativă a utilizării sau a varietății de pătrundere în diferitele domenii industriale) electronica face posibilă în modul cel mai radical perfecționarea procedeelor de conducere a proceselor tehnologice — controlul asupra desfășurării lor, comanda și reglarea lor, mergînd pînă la a elibera omul de efectuarea operațiilor de conducere — pînă la automatizarea de gradul cel mai înalt.

Putem afirma cu certitudine că începutul și dezvoltarea aplicațiilor industriale ale electronicii în țara noastră sînt legate de industrializarea vertiginoasă a țării în anii de după eliberare.

Aceasta nu este o simplă coincidență cronologică, ci o legătură organică. Este vorba de dezvoltarea puternică a unei industrii de tip nou, stăpînite de un popor liber, dezvoltare care nu poate fi concepută altfel, decît pe baza progresului tehnic.

Industria noastră și-a creat — fie nemijlocit în întreprinderi, fie în laboratoare și institute — colective care au abordat cu curaj realizarea de utilaje și dispozitive electronice destinate utilizării industriale. O serie de probleme de introducere a electronicii în industrie au fost rezolvate prin colaborarea economică cu celelalte țări socialiste frățești; în cîteva cazuri s-a recurs la import din alte țări.

*) Ing. M. DUMA este șeful secției de electronică și aparate de automatizare din Institutul de Cercetări Electrotehnice.

În cele ce urmează vom încerca să facem o trecere în revistă asupra principalelor realizări obținute în acest domeniu în anii care au urmat zilei de 23 August 1944.

* * *

Una din importantele utilizări ale electronicii în industria noastră a fost încălzirea prin curenți de înaltă frecvență.

Topirea metalelor prin înaltă frecvență permite obținerea unor aliaje cu un înalt grad de omogenitate, datorită agitării metalului topit prin efectul cîmpului magnetic; topirea prin înaltă frecvență condiționează realizarea de aliaje din metale cu constante fizice foarte diferite, permițînd încălzirea rapidă a tuturor componentelor din masa metalului.

O altă utilizare industrială a generatoarelor de înaltă frecvență o constituie călirea de suprafață a organelor de mașini, procedeu prin care se realizează organe de greutate redusă, cu performanțe ridicate.

O largă răspîndire în industria noastră metalurgică a căpătat și lipirea plăcilor de metal dur pe sculele tăietoare, operație la care utilizarea curenților de înaltă frecvență prezintă importante avantaje din punct de vedere al calității piesei obținute.

Pentru aceste variate și importante utilizări, întreprinderea „Radio-Popular" a realizat în 1953—1954 un număr de generatoare electronice de 2 și 3 kW; ele se află în exploatare în industria noastră constructoare de mașini, care mai posedă de altfel și generatoare de fabricație sovietică. ICET a realizat în 1954—1955 un generator electronic de mare putere (40 kW, 250 kHz), care este utilizat pentru căliri de suprafață la întreprinderea „Klement Gottwald".

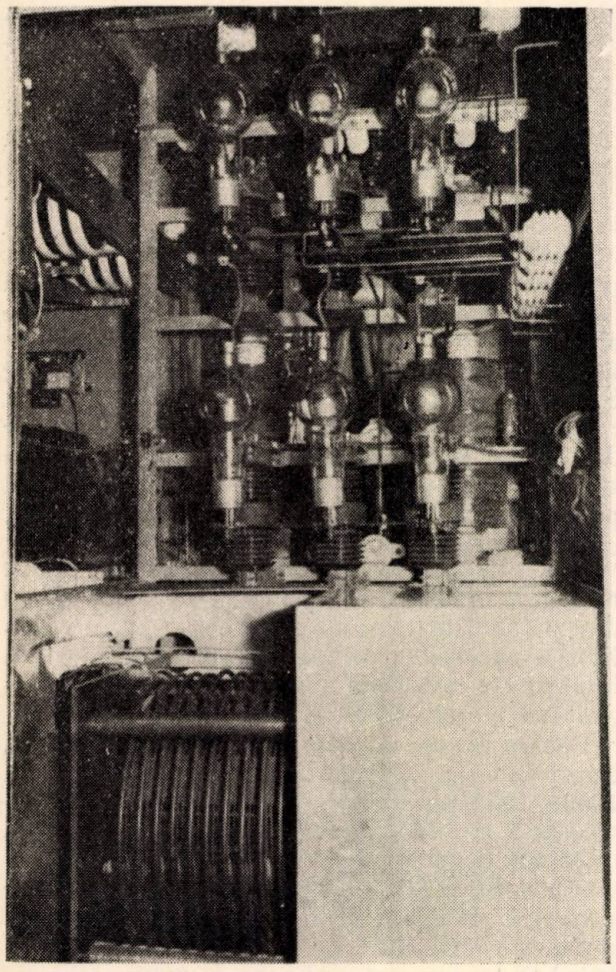
Un alt generator electronic de înaltă frecvență (3,6 MHz, 12 kW) a fost realizat în 1957 în ICET. El este destinat topirii zonale a siliciului, în vederea obținerii de monocristale de siliciu de puritate ridicată, necesare realizării dispozitivelor semiconductoare. Cu ajutorul acestui generator au fost de acum obținute, în 1958, primele monocristale de siliciu din R.P.R.

O importanță economică deosebită o prezintă încălzirea dielectricilor prin pierderi dielectrice provocate în cîmp electric de înaltă frecvență.

Preîncălzirea prafurilor de presare permite reducerea timpului de polimerizare a materialelor izolante, ceea ce are ca efect mărirea productivității preselor. Avantajul încălzirii prin pierderi dielectrice îl constituie încălzirea uniformă în întreaga masă a materialului, ceea ce face ca această metodă de preîncălzire să fie singura utilizabilă. În industria noastră electrotehnică și a maselor plastice se exploatează

cu succes în ultimul timp cîteva generatoare electronice de înaltă frecvenţă pentru încălzire dielectrică, ceea ce a permis utilizarea mai raţională a preselor mari de bachelită.

În 1957, în Laboratorul de electronică energetică al Institutului Politehnic din Bucureşti



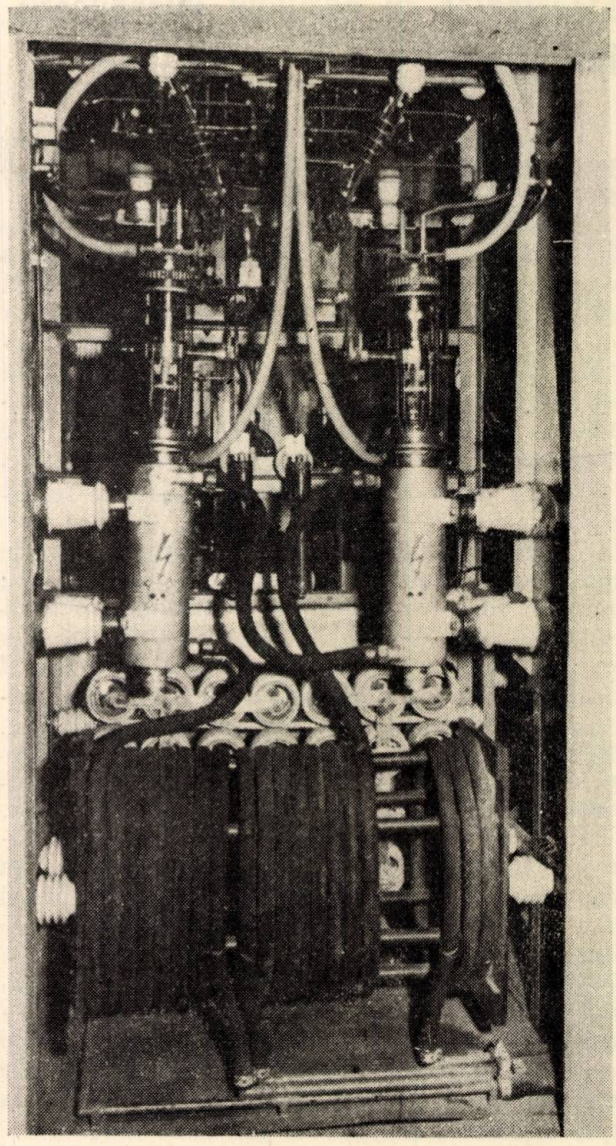


Fig. 1. Detalii constructive ale generatorului electronic de 40 kW pentru topiri şi căliri de suprafaţă.

a fost realizat un generator electronic experimental pentru încălzire dielectrică cu adaptare automată a sarcinii. Recent, laboratorul de utilaje al uzinei „Grigore Preoteasa" a realizat cu forţe proprii şi a pus în exploatare încă două generatoare.

Un domeniu aparte de aplicare a aparaturii electronice în tehnologia construcţiilor de maşini îl constituie utilizarea ultrasunetelor. Prelucrarea mecanică prin ultrasunete permite găurirea, tăierea sau imprimarea diferitelor profile în materiale dure şi casante. Prelucrarea ultrasonică, deşi inferioară celei electroerozive ca productivitate (la aceeaşi putere electrică consumată), prezintă avantajul posibilităţii de utilizare nu numai pentru prelucrarea metalelor, ci şi a materialelor izolante şi semiconductoare casante : sticlă, ceramică, cuarţ, siliciu, mică etc. În cazul uzinării de piese metalice, metoda ultrasonică asigură o precizie şi o calitate a suprafeţei superioare celor obţinute prin electroeroziune.

Lucrările întreprinse în R.P.R. în acest domeniu au început relativ recent, în 1957, prin realizarea în ICET a unui generator electronic de 400 W cu traductor magnetostrictiv, utilizat pînă în prezent în special în domeniul prelucrării materialelor semiconductoare.

În afara aparatului pentru prelucrare mecanică, ICET a realizat şi aparatură ultrasonică pentru agitarea lichidelor (un generator de 400 W în 1957 şi un generator de 1,8 kW în 1958, ambele lucrînd pe frecvenţa de 22 kHz). Prin agitarea solventului în instalaţiile de degresare şi curăţire utilizate în industria constructoare de maşini se obţine reducerea substanţială (de 2—3 ori) a timpului de efectuare a operaţiei, precum şi îmbunătăţirea calităţii ei. Introducerea procedeului este raţională la piesele de mecanică fină, piesele mici

de mare serie etc. Este interesant că prin ultrasonarea solventului se obţine curăţirea perfectă a unor piese asamblate — de exemplu rulmenţi. Se întreprind cercetări — efectuate cu aparatura ICET la Institutul tehnologic pentru construcţii de maşini (ITCME) — pentru agitarea ultrasonică a lichidului de răcire la operaţiile de călire, ceea ce promite îmbunătăţirea calităţii călirii prin împiedicarea formării peliculei termoizolante de vapori între piesa fierbinte şi lichid, peliculă care în mod normal încetineşte răcirea.

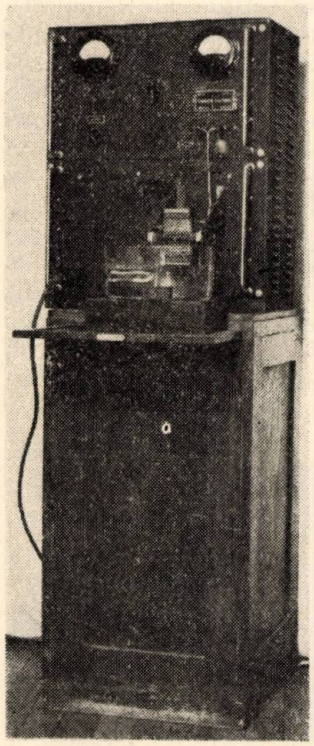


Fig. 2. Generator electronic de 400W cu traductor magnetostrictiv pentru degresarea şi curăţirea ultrasonică a pieselor fine.

* * *

O activitate susţinută a fost depusă în direcţia realizării de aparatură electronică de măsură şi control al proceselor de producţie.

În ceea ce priveşte aparatura pentru măsurarea şi controlul mărimilor mecanice, trebuie amintite lucrările Institutului de Mecanică Aplicată al Academiei R.P.R. în domeniul tensometriei cu traductoare rezistive. Una dintre aplicaţiile acestor lucrări va avea loc în cadrul operaţiei întreprinse de Institutul de Cercetări Metalurgice (ICEM) în colaborare cu IMA şi ICET, de măsurare a eforturilor în laminoare, lucru care va permite încărcarea mai judicioasă a acestora şi mărirea productivităţii lor. Tensometrele rezistive fabricate în serie de întreprinderea „Termotehnica", folosite şi de ICEM, au găsit utilizare în numeroase domenii. Între altele, putem aminti măsurarea presiunilor şi pulsaţiilor de presiune în cursurile de apă pe modelele de hidroanalogie, realizate de Institutul de cercetări şi studii hidrotehnice, care, de altfel, a realizat o serie de traductoare proprii de diferite tipuri şi aparate electronice pentru studiul fenomenelor care se produc în cursurile de apă.

O altă lucrare de mare importanţă pentru economia naţională o constituie aparatura electronică de tensometrie cu traductoare magnetoelastice realizată de ICET în colaborare cu Institutul de Cercetări pentru Foraj şi Extracţie şi experimentată în exploatare la schela Cîmpina, pentru ridicarea, transmiterea la distanţă şi redarea pe ecranul unui tub catodic a diagramei efort-cursă (dinamograma) pentru tija lustruită la sondele petrolifere cu pompaj, diagramă care caracterizează regimul de funcţionare al sondelor. Generalizarea aparaturii de teledinamometrare va permite reducerea timpului de nefuncţionare sau funcţionare incorectă a sondelor, ceea ce va da ţării cantităţi considerabile de ţiţei în plus; totodată se va reduce personalul ocupat cu operaţia neproductivă de parcurgere periodică a drumului între sonde, în vederea controlării funcţionării lor.

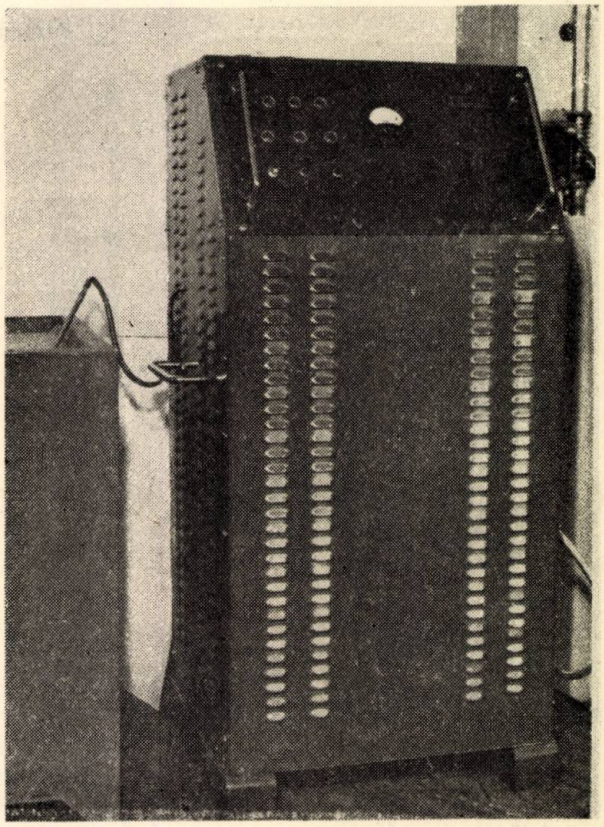


Fig. 3. Generator electronic de 1,8 kW pentru degresare cu ultrasunete.

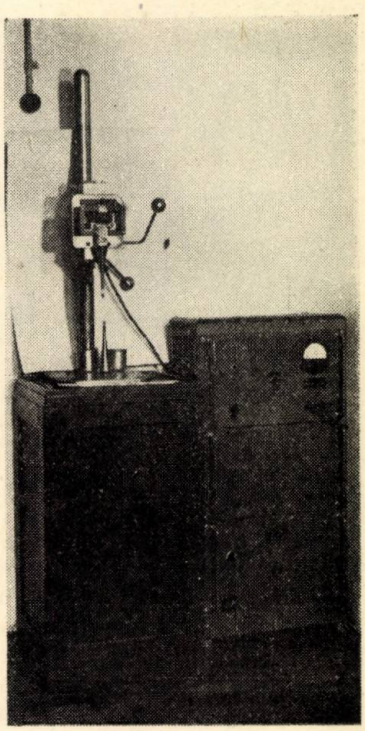


Fig. 4. Dispozitiv de prelucrare prin ultrasunete a materialelor casante, acţionat cu un generator electronic de 400 W.

O aparatură destinată aceluiaşi scop, dar bazată pe utilizarea unor traductoare capacitive, este în curs de elaborare la Institutul de Petrol, Gaze şi Geologie.

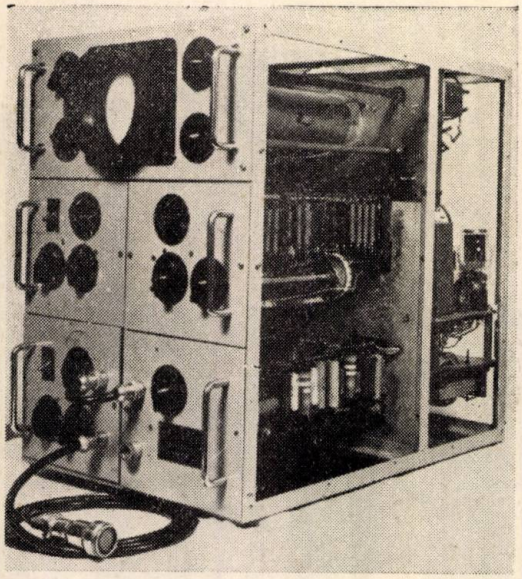


Fig. 5. Defectoscop cu ultrasunete

Defectoscopul cu ultrasunete, realizat în ICET în 1957—1958, este un aparat de o înaltă tehnicitate; în acest an el trece în fabricaţia de serie pentru uzul industriei noastre grele. Aparatul măsoară pe ecranul unui tub catodic timpul parcurs în piesa controlată de impulsurile ultrasonore generate şi recepţionate cu

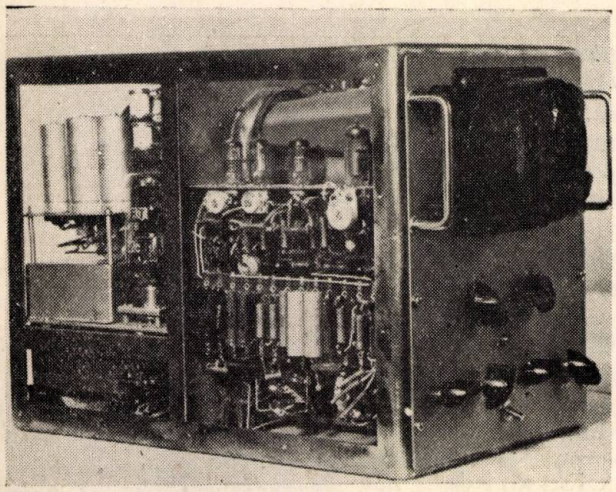


Fig. 6. Aparat pentru localizarea defectelor pe linii aeriene.

ajutorul unor traductoare piezoelectrice şi reflectate în punctele de discontinuitate mecanică; acest lucru permite sezisarea defectelor şi determinarea adîncimii lor. Datorită circuitelor de măsurare de precizie cu care este prevăzut, aparatul permite determinarea constantelor elastice ale materialelor în probe de dimensiuni cunoscute, prin măsurarea vitezei de propagare a ultrasunetelor în aceste probe.

În paralel, ICET a realizat şi un aparat care măsoară durata de propagare a unor impulsuri electrice pe liniile electrice, ceea ce permite localizarea defectelor pe aceste linii (întreruperi, scurtcircuite, imperfecţiuni ale izolaţiei).

În domeniul defectoscopiei industriale Roentgen lucrează întreprinderea „Termotehnica".

Aparatul electronic de echilibrat rotoare mari, realizat de grupul de cercetători al întreprinderii „Electromotor", a constituit obiectul unui brevet de invenţie, fiind elogios apreciat nu numai în ţară (lucrarea a fost distinsă cu Premiul de Stat), dar şi peste hotare. Aparatul permite determinarea dezechilibrului în coordonate polare, fixînd în mod independent atît valoarea dezechilibrului, cît şi poziţia sa. Dezechilibrul este sezisat cu ajutorul unui, traductor inductiv; un dispozitiv special, cons-

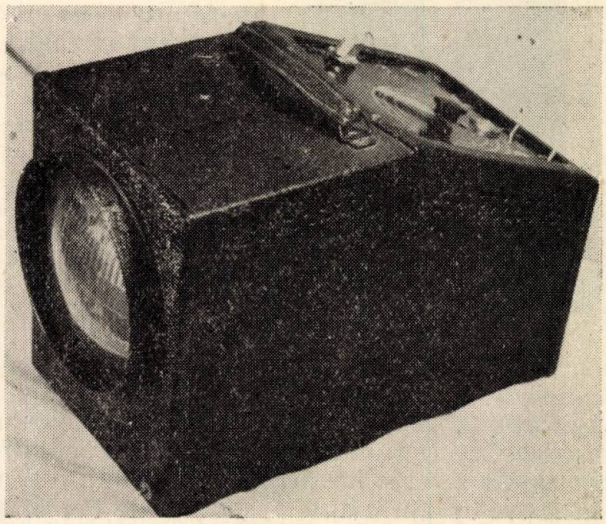


Fig. 7. Stroboscop electronic

tînd dintr-un generator sincron monofazat cu stator decalabil gradat, permite măsurarea fazei dezechilibrului prin compararea tensiunii date de traductor cu cea a generatorului. Valoarea dezechilibrului se determină prin montarea unui cuplu adiţional cunoscut şi combinarea noii indicaţii asupra valorii dezechilibrului cu prima indicaţie.

Pe acelaşi principiu a fost construit şi un aparat electronic de echilibrat rotoare foarte mici, cărora li se impun condiţii speciale de mers liniştit.

Tot controlului fabricaţiei de motoare electrice a fost destinat şi stroboscopul electronic, elaborat în ICET. Generînd impulsuri luminoase de scurtă durată cu frecvenţă controlat variabilă între 24 şi 430 Hz, stroboscopul permite măsurarea precisă a turaţiei motoarelor fără aplicarea pe ax a vreunui cuplu de

sarcină, lucru important la controlarea motoarelor de mică putere. Aparatul a fost utilizat în controlul fabricaţiei la întreprinderea „Electrotehnica"; în prezent, cu ajutorul lui se efectuează măsurătorile necesare în elaborarea de micromotoare în cadrul ICET. În cazul multiplicării lui, el poate fi utilizat în diferite ramuri ale industriei, şi în special în industria grea pentru controlul turaţiilor, vibraţiilor deformărilor în timpul rotirii etc.

Pentru măsurarea şi controlul mărimilor fizice şi chimice au fost elaborate şi realizate în R.P.R. diferite aparate electronice*).

Una dintre realizările care au constituit un sprijin efectiv dat industriei este şi aparatul pentru aprecierea umezirii transformatoarelor tip C_2/C_{50}. Aparatul se bazează pe principiul — cunoscut — de măsurare a capacităţii transformatoarelor la 2 şi la 50 Hz; funcţie de gradul de umezire a izolaţiei variază diferenţa între capacităţile măsurate la cele 2 frecvenţe. În locul unei instalaţii electrice complexe, voluminoase şi dificile în exploatare, în ICET a fost realizat un aparat electronic portabil, uşor de manevrat şi cu sensibilitate ridicată. Aparatul, multiplicat, a fost pus la dispoziţia întreprinderilor de electricitate din R.P.R., permiţînd sezisarea la timp a umezirii izolaţiei transformatoarelor şi prevenirea deteriorării lor în exploatare. Documentaţia tehnică asupra acestui aparat ne-a fost cerută în cadrul colaborării tehnico-ştiinţifice între ţările socialiste.

Mai multe aparate electronice pentru controlul concentraţiilor în diverse soluţii, precum şi altor mărimi ce intervin în procesele din industria chimică, alimentară, uşoară, energetică, în agricultură etc., au fost realizate în diverse laboratoare şi institute, printre care amintim: ICET, IPROCHIM, Combinatul Chimic „I. V. Stalin"-Victoria, Întreprinderea de electricitate Sibiu etc.

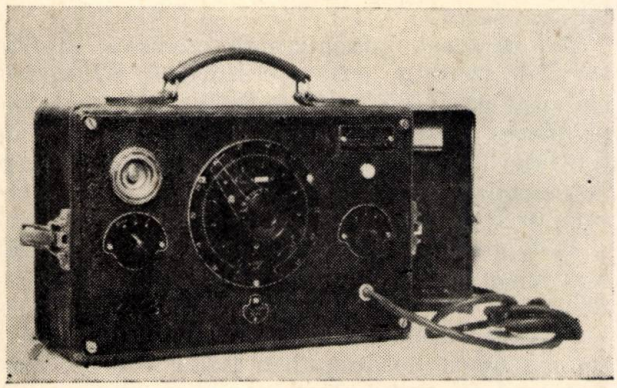


Fig. 8. Aparat electronic pentru determinarea umidităţii izolaţiei transformatoarelor tip C_2/C_{50}.

Nu putem încheia acest capitol fără a aminti de variatele aparate electronice de control de

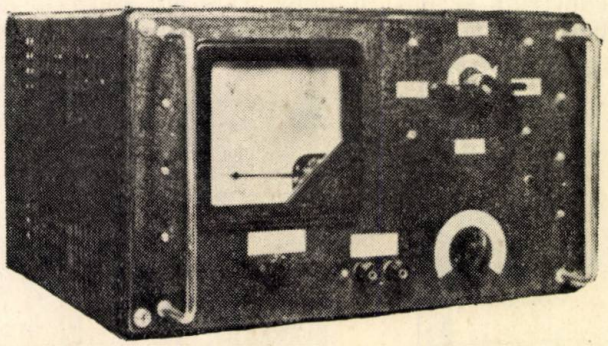


Fig. 9. Stabilizator de 300 W, tensiune alternativă, cu amplificatoare electronice şi magnetice

mărimi fizice şi chimice cu care întreprinderile noastre au fost dotate prin colaborarea frăţească cu celelalte ţări socialiste, în primul rînd cu U.R.S.S., R.D.G. şi Republica Cehoslovacă.

***

Un domeniu aparte îl formează instalaţiile electronice realizate pentru asigurarea unor operaţii auxiliare în cursul anumitor încercări de utilaje. Dintre acestea, putem aminti dispozitivul pentru sincronizarea generatorului de impuls de tensiune cu osciloscraful catodic, elaborat şi realizat pentru echiparea a două staţii ICET pentru încercarea la impuls de tensiune a transformatoarelor de forţă fabricate în R.P.R. — una în ICET, cu generator de 400 kV, iar a doua la întreprinderea „Electroputere" cu generator de 750 kV.

Pentru asigurarea încercării aparatelor de înaltă şi joasă tensiune la puterea sau capacitatea de rupere prin încercări directe în reţea, fără afectarea consumatorilor, staţia construită de ICET pentru încercarea în reţea a întreruptoarelor a fost dotată cu un comutator program electronic, care permite comanda automată a încercării, precum şi studiul fenomenelor tranzitorii care apar la conectarea şi deconectarea receptoarelor la reţea.

În domeniul aparaturii electronice pentru control, încercări şi măsurări, a mai fost realizată o gamă destul de largă de aparate: stabilizatoare electronice (ICET), voltmetre electronice de diferite tipuri (ICET, uzina „Grigore Preoteasa", Radio Popular), o instalaţie complexă pentru măsurări de precizie asupra condensatoarelor ceramice (ICET) şi altele.

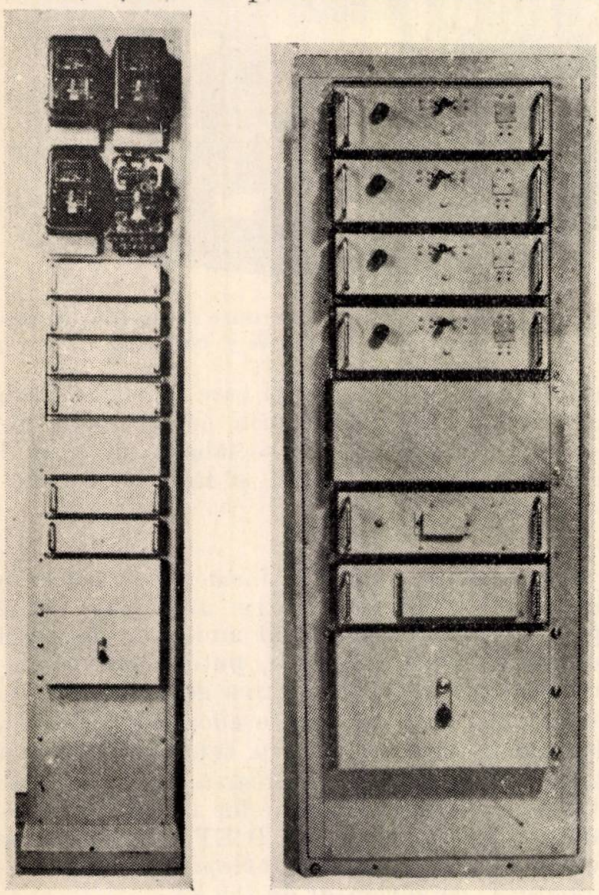
***

Desigur că în modul cel mai deplin se evidenţiază posibilităţile pe care le oferă electronica pentru asigurarea progresului tehnic în industrie prin realizarea şi aplicarea aparaturii electronice de automatizare şi telemecanizare. Reprezentînd o treaptă superioară de dezvoltare

*) În acest articol nu este prezentată aparatura electronică bazată pe utilizarea radiaţiilor şi realizată în Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. Lucrări în domeniul elaborării de aparatură electronică bazată pe utilizarea izotopilor radioactivi pentru industria siderurgică efectuează şi ICET în colaborare cu ICEM.

tehnică, această aparatură a fost abordată inițial într-o măsură mai restrînsă, lucrările fiind însă în prezent într-o continuă dezvoltare.

În anul 1954 a fost elaborat de către ICET, construit și pus în exploatare un redresor de 900 kW și 3,8 kV pentru alimentarea unui arc



a) *b)*

Fig. 10. Complex de telemăsură cu frecvență de impulsuri : *a*) grup de emisie pentru 4 canale cu traductoare de putere ; *b*) grup de recepție pentru 4 canale.

electric în flux de gaze într-o instalație pentru cracarea gazului metan. Pentru funcționarea stabilă a arcului a fost necesar să se realizeze reglarea automată a funcționării redresorului. Aceasta a necesitat rezolvarea unor probleme tehnice complexe, soluționate cu succes prin realizarea unui regulator automat electronic-ionic al caracteristicii externe a redresorului. Funcționarea îndelungată în bune condiții a instalației în exploatare a dovedit viabilitatea soluției elaborate. Realizarea redresorului automatizat a fost distinsă cu Premiul de Stat al R.P.R.

Tot în ICET a fost realizat în 1956—1958 un complex de aparate de telemăsură pentru sistemele energetice, care asigură telemăsura, atît pe circuite fizice la distanțe mici, cît și la mare distanță pe circuite fizice sau curenți purtători, a tuturor mărimilor electrice necesare (tensiuni, curenți, puteri active și reactive), precum și însumarea puterilor și telemăsura acestor sume.

În această aparatură au găsit utilizare o serie de soluții originale moderne ; specialiști din alte țări socialiste au manifestat interes față de aceste soluții, solicitînd documentare amănunțită asupra lucrărilor ICET în domeniul telemăsurii. Parte din aparatura realizată a fost multiplicată pentru o utilizare mai largă ; restul aparaturii se află în curs de exploatare experimentală, dovedind performanțe ridicate.

Anumite aparate electronice de telemăsură au fost realizate la întreprinderea „Energoreparații" și introduse în exploatare.

În domeniul aparaturii electronice de automatizare mai trebuie amintite mașinile unelte moderne cu comandă electronică primite din celelalte țări socialiste, utilizate cu succes în întreprinderi ale industriei noastre grele.

Este unanim admis în domeniul aparaturii de uz industrial a nu face o delimitare categorică între electronica propriu-zisă și tehnica amplificatoarelor de alte tipuri, cum sînt, de exemplu amplificatoarele magnetice și recent, dispozitivele semiconductoare.

Printre realizările importante obținute în ultimii ani trebuie amintite în primul rînd instalațiile de automatizare ale unor automotoare Diesel-electrice, elaborate în două institute ale Ministerului Industriei Grele. În automotoarele automatizate se asigură reglarea automată a puterii motorului Diesel funcție de sarcină, reglarea automată a diferitelor servicii auxiliare în partea electrică, comanda automată a accelerării, protecții etc. Principalele elemente utilizate sînt amplificatoarele magnetice ; într-una din variante se utilizează și amplificatoare rotative. Primele automotoare de acest fel sînt în exploatare ; urmează ca numărul lor să crească.

Tot în acest domeniu putem aminti regulatorul de tensiune cu amplificatoare magnetice, elaborat de ICET și reprodus în serie la întreprinderea „Electrotehnica", stabilizatoarele de tensiune cu amplificatoare electronice și magnetice și cel cu amplificatoare magnetice, elaborate în ICET ș.a.

Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. a efectuat de asemenea lucrări utilizînd amplificatoare magnetice și amplificatoare rotative.

În ceea ce privește aparatura cu dispozitive semiconductoare, în cadrul ICET sînt în lucru instalații de automatizare cu dispozitive semiconductoare pentru uzul industriei metalurgice și siderurgice, al energeticii și al industriei petrolului și gazului metan.

* * *

Prezentarea succintă pe care am făcut-o asupra succeselor obținute pînă în prezent în introducerea de aparatură electronică de uz industrial în industria R.P.R. și realizarea de astfel de aparatură nu cuprinde tot ce s-a înfăptuit la noi în acest domeniu. La cele

arătate trebuie adăugat un număr destul de important de aparate şi dispozitive electronice izolate, mai simple sau mai complexe, realizate în diferite întreprinderi sau laboratoare pentru rezolvarea anumitor probleme concrete puse de realitatea producţiei. Deşi aceste realizări nu şi-au putut găsi locul în cadrul restrîns al articolului de faţă, fără îndoială că efectul lor a fost simţit în economia industriei noastre.

Considerînd , cu această precizare, redată imaginea de ansamblu asupra realizărilor (am amintit, aproape în exclusivitate, lucrări încheiate şi numai în cîteva cazuri am amintit despre lucrări în curs), este necesar să subliniem că introducerea şi generalizarea pe scară largă a acestor realizări, în vederea obţinerii unor efecte economice importante, a rămas nu o dată cu un pas în urma soluţionării tehnice a problemelor. O parte a instalaţiilor şi aparatelor amintite mai sus au rămas mult timp în stadiul de unicate, sau în orice caz au ajuns în industrie într-un număr simţitor mai mic decît ar fi avut industria nevoie.

Este greu de presupus că la aceasta nu a contribuit subestimarea în anumite întreprinderi sau ramuri industriale a importanţei economice a introducerii aparaturii electronice.

Trebuie spus cu hotărîre că, în cazul unei acţiuni largi de introducere a automatizării şi în general a tehnicii noi în industrie, aparatura electronică de uz industrial devine necesară în cantităţi mari, efectul economic obţinut prin introducerea pe scară largă a acestei aparaturi este considerabil, ceea ce justifică trecerea la o fabricaţie de serie, chiar dacă seriile care se pot întîlni nu sînt întotdeauna comparabile cu seriile de fabricaţie ale altor produse electrotehnice. Aci intervine însă omogenitatea tehnologică a multor produse electronice, care face uşoară asimilarea unor produse chiar în cantităţi relativ reduse.

De altfel, experienţa altor ţări socialiste frăţeşti arată că acestea au găsit raţională punerea în fabricaţie a aparaturii de electronică industrială şi de automatizare în întreprinderile cu fabricaţie de mare serie cu profil de aparataj de măsură şi de aparataj de radio de larg consum. Nu este un secret că şi întreprinderi de aceste profile din ţările capitaliste au adăugat fabricaţiei lor normale fabricaţia de aparate electronice de uz industrial. Mai mult, experienţa altor ţări, şi socialiste şi nesocialiste, arată că în domeniul aparaturii electronice nu rareori realizarea internă de unicate este avantajoasă economic, chiar dacă aparate similare există pe piaţa internaţională.

Rezolvarea problemei fabricaţiei aparaturii electronice în R.P.R. va deschide noi perspective pentru ridicarea nivelului tehnic al industriei noastre.

Partidul şi guvernul conform indicaţiilor plenarei C.C. al P.M.R. din 26 — 28 noiembrie 1958 au luat recent măsuri energice în această privinţă. Se dezvoltă puternic industria noastră radiotehnică, inclusiv fabricaţia de piese radio. Se pregăteşte introducerea aparaturii de electronică industrială în profilul de fabricaţie al unor întreprinderi. Se intensifică lucrările pentru realizarea în ţară a semiconductorilor.

Acum, cînd aceste sarcini sînt puse în mod atît de acut la ordinea zilei, electronicienii din R.P.R. au condiţii extrem de favorabile pentru a le aduce la îndeplinire. Marele număr de realizări din ultimul deceniu, dintre care noi am enumerat o parte, au constituit o preţioasă şcoală practică, în care s-au format cadre tehnice, capabile astăzi să atace probleme tehnice noi, mai complexe. Aceste realizări constituie totodată un bagaj de domenii deja însuşite, putîndu-se oferi industriei spre fabricare şi utilizare un sortiment cuprinzător de produse electronice, elaborate în anii anteriori (eventual cu unele modernizări şi aduceri la nivelul tehnicii de astăzi — în electronică, multe noutăţi îmbătrînesc în 3—4 ani !).

Preţioasa colaborare tehnico-ştiinţifică cu ţările socialiste frăţeşti permite parcurgerea rapidă a unor etape dificile de orientare în problemele tehnice noi care se pun, permite însuşirea experienţelor efectuate. Totodată, ne putem permite să nu asimilăm în ţară întreaga varietate de produse electronice, ci numai pe cele justificate economic, putînd beneficia de sprijinul celorlalte ţări socialiste.

Fără îndoială, o problemă de importanţă deosebită o constituie dirijarea eforturilor care vor fi depuse în R.P.R. în domeniul aparaturii electronice de uz industrial în aşa fel încît să fie asigurată cu prioritate deservirea ramurilor indicate în documentele plenarei din noiembrie 1958 a C.C. al P.M.R. ca principale din punct de vedere al introducerii automatizării : industria siderurgică, construcţii de maşini, chimie, petrol şi gaze, industria alimentară.

Elaborarea unor serii unitare de aparatură, fiecare cu posibilităţi şi domenii de aplicare cît mai largi şi variate, în vederea acoperirii unui număr maxim de necesităţi (avînd în vedere şi direcţiile de unificare stabilite în celelalte ţări socialiste) constituie o problemă care urmează a fi de asemenea în atenţia electronicienilor din R.P.R.

Activitatea principalei unităţi din ţară în domeniul aparaturii electronice de uz industrial — Institutul de Cercetări Electrotehnice — precum şi a colectivelor de electronică din numeroase alte întreprinderi şi institute, este şi va fi din ce în ce în mai mare măsură axată pe aplicarea directivelor trasate de partid şi guvern pentru asigurarea progresului tehnic al industriei.

MANFRED NACHMAN*)

Fizica și tehnica nucleară în R.P.R.

CZ 539.1:621.039(R)

La 23 August 1959 poporul romîn a sărbătorit 15 ani de la eliberarea țării de sub jugul fascist. Sub conducerea Partidului Muncitoresc Romîn s-au obținut în acești ani mărețe realizări. Printre înfăptuirile de seamă ale regimului nostru de democrație populară se numără și crearea, în anul 1955, a Institutului de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. S-au pus astfel bazele dezvoltării rapide a cercetărilor de fizică și tehnică nucleară și a folosirii pe scară largă a izotopilor radioactivi în știință și în economia națională.

Un impuls deosebit au căpătat cercetările de fizică și tehnică nucleară în urma ofertei generoase a Uniunii Sovietice de a livra Republicii Populare Romîne utilajul de bază în vederea construirii unui reactor nuclear experimental și a unui ciclotron.

Reactorul nuclear de 2 000 kW

Pe baza acordului încheiat în anul 1955, începe construirea, în cadrul Institutului de

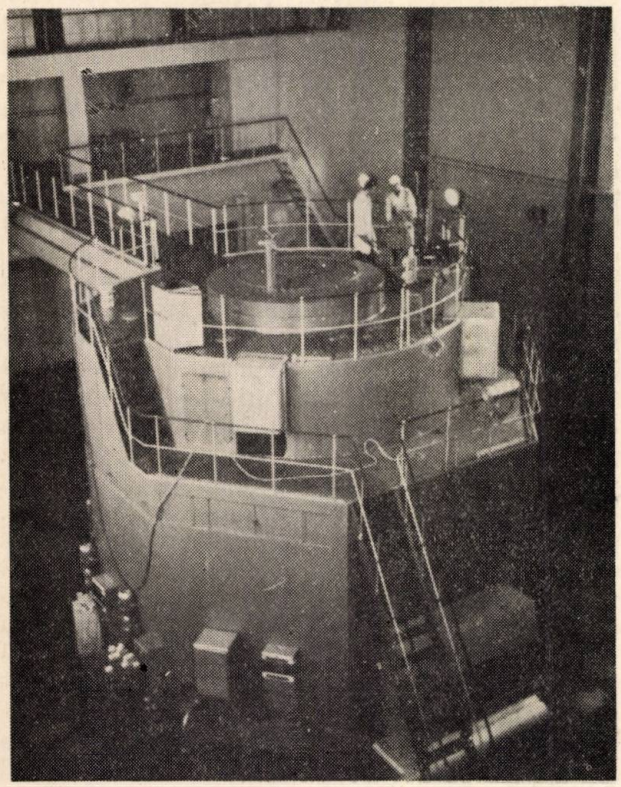


Fig. 1. Reactorul experimental de 2 000 kW de la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

Fizică Atomică al Academiei R.P.R., a primului reactor nuclear din țară. La 31 iulie 1957, reactorul devine critic, iar după numai zece zile, la 10 august 1957, el atinge puterea nominală de 2 000 kW. Republica Populară Romînă se poate astfel mîndri că este prima țară de democrație populară și a 11-a țară din lume cu un reactor în funcțiune (fig. 1).

Reactorul este de tip eterogen, avînd drept combustibil uraniu îmbogățit pînă la 10% cu uraniu — 235.

Barele de combustibil cilindrice au un înveliș protector de aluminiu și sînt aranjate în formă de rețea în zona activă a reactorului (fig. 2). Rețeaua se găsește într-un bac de aluminiu umplut cu apă; aceasta are trei funcțiuni: de a încetini pînă la energii termice neutronii rapizi rezultați din fisiunea uraniului, de a evacua căldura rezultată în urma desfășurării reacției în lanț, de a arunca înapoi în zona activă neutronii care caută să scape.

Este foarte instructivă compararea unor caracteristici ale reactorului din R.P.R. cu primul reactor din lume, pus în funcțiune în 1942. Astfel, puterea specifică la reactorul din R.P.R. este de 45 kW pe kilogram de uraniu și fluxul maxim de neutroni de 2.10^{13} neutroni/cm^{2}s (la puterea de 2 000 kW), față de $1{,}5.10^{-3}$ W pe kilogram de uraniu și 10^7 neutroni/cm^2 s la primul reactor din lume (de tip uraniu natural — grafit).

Consumul de combustibil pentru o zi de funcționare a reactorului este de circa 2,5 g uraniu—235.

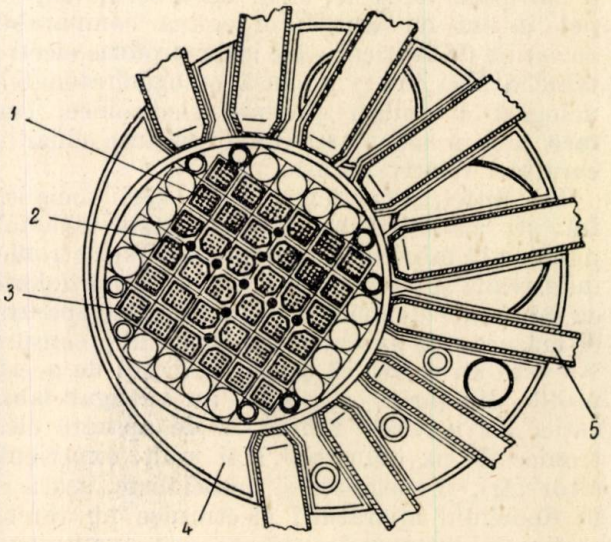


Fig. 2. Secțiune transversală prin zona activă a reactorului: *1* — sectoarele cu barele de uraniu; *2* — barele de reglaj și de siguranță; *3* — barele de combustibil; *4* — apă; *5* — canal experimental orizontal.

Toate comenzile, ca pornirea și oprirea reactorului și modificarea puterii lui, se fac din camera de comandă (fig. 3), unde sînt concentrate și toate instrumentele de măsură care

*) M. NACHMAN este șef de colectiv la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

permit controlul funcţionării întregii instalaţii. Reactorul este prevăzut cu nouă canale orizontale şi cu o coloană termică, care pătrund pînă la zona activă (fig. 2) şi prin care ies fluxuri intense de neutroni utilizate în diferite lucrări experimentale. În afară de aceasta mai există zece canale verticale, în care se pot efectua iradieri şi care pot servi la producerea de izotopi radioactivi în cantităţi suficiente pentru toate nevoile industriei, agriculturii, institutelor de cercetare etc. din ţara noastră.

Pentru prelucrarea izotopilor radioactivi produşi în reactor, au fost amenajate patru camere fierbinţi, cu manipulatoare mecanice din cele mai moderne.

Reactorul, fiind o sursă intensă de neutroni, asigură în primul rînd, efectuarea unor cercetări în fizica neutronilor şi în fizica solidului. Totodată cu ajutorul lui pot fi studiate şi probleme de tehnica reactorilor.

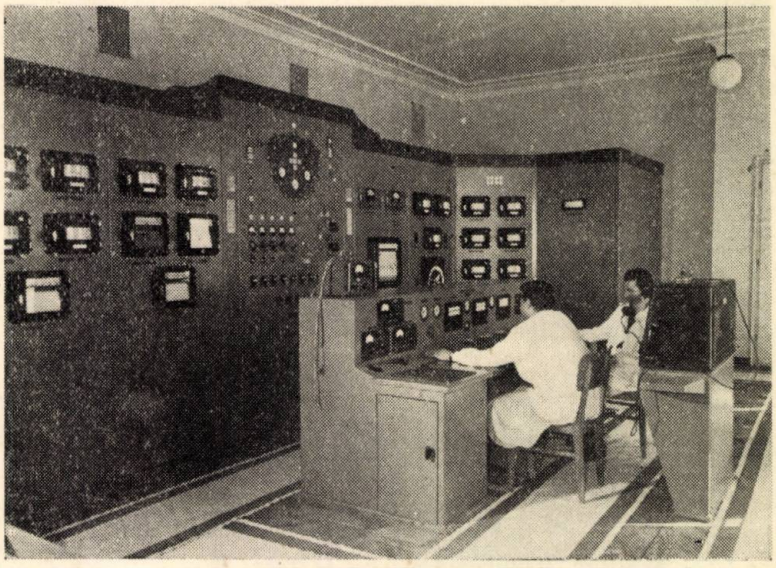


Fig. 3. Camera de comandă a reactorului.

Fizica neutronilor

Fizica neutronilor se ocupă, în măsură preponderentă, de reacţiile nucleare, care se pot produce cu ajutorul neutronilor de diferite energii şi diferite grade de polarizare. În laboratoarele de cercetări de la reactorul nostru aceste reacţii se studiază din două puncte de vedere : pe de o parte se determină secţiunile eficace de interacţiune neutron-nucleu pentru diferite energii ale neutronilor, iar pe de altă parte se folosesc reacţiile de captură a neutronilor termici pentru a obţine informaţii cu privire la nivelele energetice ale nucleelor, la spinul şi paritatea lor din radiaţiile γ emise în urma procesului de captură.

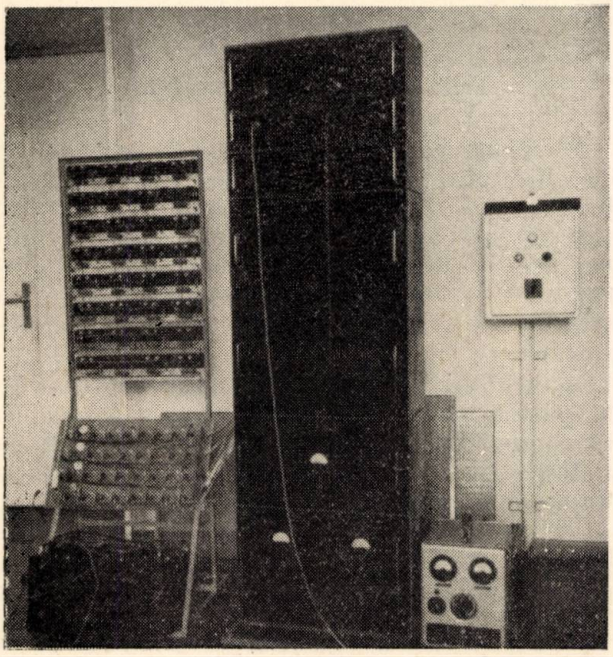


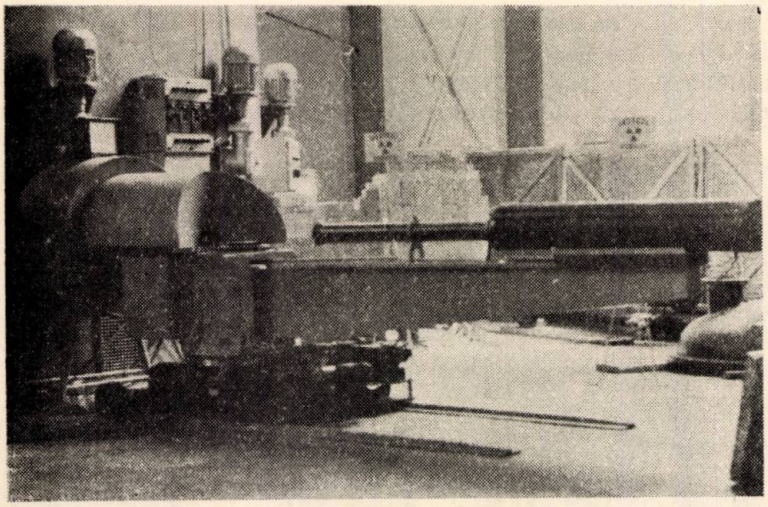
Fig. 4. Spectrometru cu timp de zbor, cu 64 canale.

Totodată se fac şi studii de optica neutronilor, legate de împrăştierea coherentă a acestora pe sisteme de atomi.

Aceste cercetări extrem de complicate, au necesitat construirea de instalaţii complexe, care nu puteau fi procurate din import. Astfel, în ultimii ani au fost proiectate şi executate în întregime în ţară :

Un spectrometru cu timp de zbor, cu 64 canale (fig. 4), care permite determinarea modului în care variază energia, secţiunile eficace de interacţiune a neutronilor termici cu nucleele. Principiul de funcţionare a acestei instalaţii este următorul : fluxul de neutroni care iese dintr-un canal orizontal al reactorului este întrerupt periodic de către un obturator mecanic ; se obţin astfel pachete de neutroni care trebuie să parcurgă o anumită distanţă pînă la un detector de neutroni. Această distanţă este parcursă cu timpuri „de zbor" diferite de neutronii de diferite viteze, care ajung astfel la momente diferite la detector. Un analizor de timp cuplat cu detectorul de neutroni înregistrează neutronii pe măsură ce aceştia sosesc la detector, pe grupe, în funcţie de energia lor. În felul acesta se realizează selectarea pe energii a neutronilor.

Un spectrometru cu cristal (fig. 5), funcţionînd în felul următor : neutronii care ies dintr-un canal orizontal al reactorului cad sub un anumit unghi pe faţa unui cristal. Acesta reflectă după diferite direcţii neutronii de diferite energii. Se



← Fig. 5. Spectrometru cu cristal.

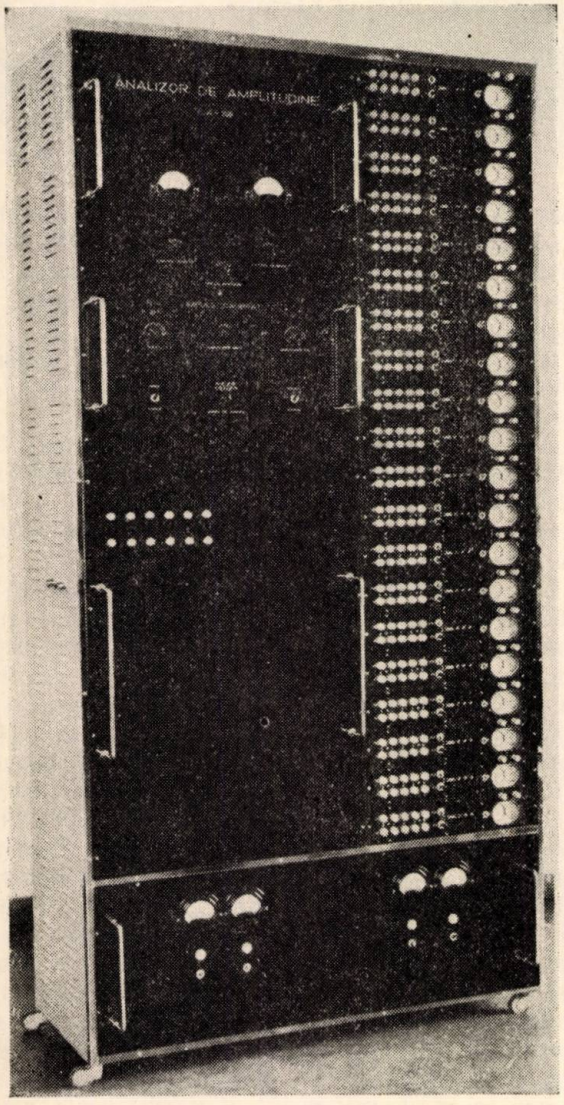


Fig. 6. Analizor de amplitudine rapid.

obţine astfel separarea spaţială a fasciculului de neutroni incident în fascicule de neutroni monoenergetice. Instalaţia este complet automatizată, permiţînd înregistrarea pe bandă a rezultatelor măsurătorilor.

Un spectrometru de radiaţii gamma, cu un analizor de amplitudine (fig. 6), cu ajutorul căruia se studiază spectrul radiaţiilor gamma emise de nuclee în urma procesului de captură a neutronilor termici.

Fizica solidului

Cu ajutorul neutronilor mai pot fi obţinute date asupra diferitelor procese fizice, în special în substanţele solide. Astfel, iradiind cu neutroni corpurile solide se pot provoca transformări care duc la modificări ale proprietăţilor fizice ale acestora ; pe de altă parte, cu ajutorul fluxurilor de neutroni termici şi reci se pot obţine informaţii cu privire la constituţia solidelor. La noi în ţară se studiază îndeosebi modul în care se modifică proprietăţile fizice şi fizico-chimice ale unor solide supuse iradierii cu neutroni.

S-au putut pune în evidenţă la unele aliaje, modificări survenite în spectrul de absorbţie al razelor X, iar la unii semiconductori, variaţia activităţii catalice în urma iradierii cu neutroni.

De mare importanţă practică sînt şi lucrările care se referă la acţiunea radiaţiilor asupra unor materiale folosite la construcţia reactorilor şi, în special, la coroziunea metalelor supuse iradierii.

Tehnica reactorilor nucleari

Problemele de tehnica reactorilor formează şi ele obiectul a numeroase studii. Este vorba, în primul rînd, de a determina cu cît mai mare precizie caracteristicile reactorului nostru şi comportarea lui în diferite regimuri, pentru a-i găsi condiţiile optime de funcţionare, iar în al doilea rînd, de a cerceta parametrii macroscopici necesari în construcţia reactorilor.

S-au obţinut rezultate interesante cu privire la spectrul neutronilor termici şi rapizi în reactor, la comportarea lui în regimuri tranzitorii, la radiaţia gamma emisă în cursul funcţionării şi după oprirea lui.

Ciclotronul

La 14 ianuarie 1958 intră în funcţiune al doilea mare obiectiv din cadrul Institutului de Fizică Atomică : ciclotronul I-120, furnizat în întregime de U.R.S.S. Cu ajutorul acestuia pot fi acceleraţi, pînă la viteze uriaşe, diferite particule încărcate. Deuteronii pot fi acceleraţi pînă la energia de 12,5 MeV, iar particulele α pînă la 25 MeV.

Camera de accelerare a ciclotronului (fig. 7), avînd un diametru de 1,2 m, se află între polii unui electromagnet cu o greutate de 120 t care produce un cîmp magnetic maxim de 14 100 Oersted. Generatorul de înaltă frecvenţă are o putere de 120 kW şi lucrează pe gama de frecvenţe de la 8 la 10 MHz, iar tensiunea de accelerare între duanţii camerei de accelerare este de 140 kV. Fasciculul de particule accelerate intră într-o cameră de reacţie (fig. 8). Acolo se studiază diferite transformări nucleare produse de aceste particule. Se obţin astfel informaţii cu privire la energia de excitaţie, viaţa, paritatea şi spinul nivelelor energetice din nucleu.

Se mai efectuează cercetări şi la nucleele a căror barieră de potenţial coulombiană nu poate fi străpunsă. La ele se produce aşa numita excitaţie coulombiană, în cursul căreia proiectilul rămîne în afara razei de acţiune a forţelor nucleare, interacţionînd cu nucleul numai prin intermediul cîmpului electromagnetic. Nucleele nu suferă transformări; ele sînt aduse într-o stare de rotaţie. În felul acesta pot fi determinate nivelele de rotaţie ale unor nuclee, care dau indicaţii cu privire la forma acestor nuclee.

Particulele încărcate, accelerate în ciclotron, servesc şi la producerea de neutroni rapizi; aceştia sînt obţinuţi prin bombardarea litiului sau a deuteriului. Intensitatea neutronilor obţinuţi pe această cale corespunde unei surse de radiu-beriliu cu 100 kilograme de radiu. Neutronii obţinuţi în aceste reacţii sînt studiaţi cu ajutorul unui spectrometru de neutroni rapizi, realizat la Institutul de Fizică Atomică care permite lucrul cu timpuri de zbor de ordinul milimicrosecundelor.

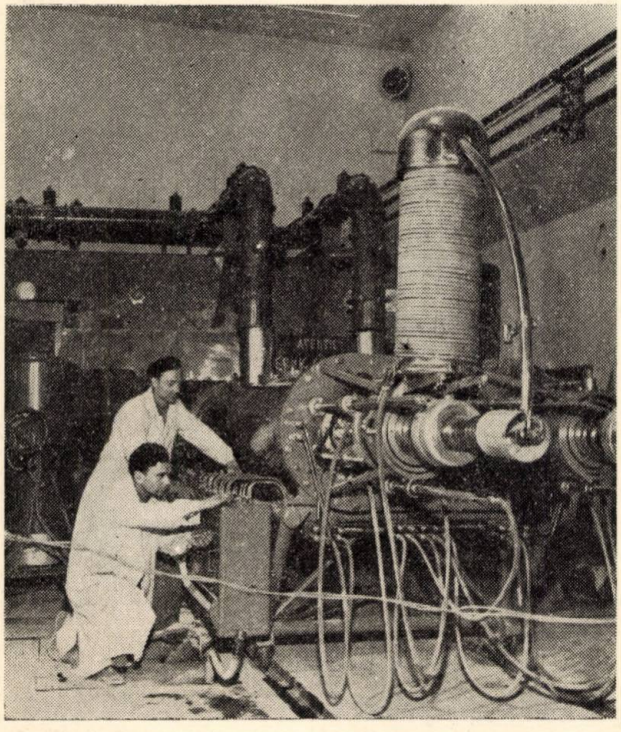


Fig. 7. Ciclotronul I—120.

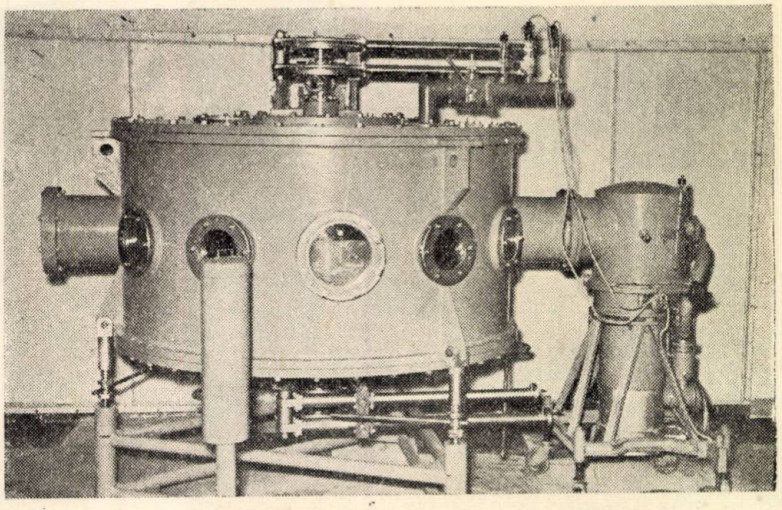


Fig. 8. Camera de reacţie a ciclotronului.

Ciclotronul mai este folosit şi la producerea unor izotopi speciali, care nu pot fi obţinuţi la reactor.

Studiul radiaţiei β

Radiaţia β emisă de izotopii radioactivi obţinuţi la reactor şi ciclotron este supusă unui studiu minuţios cu ajutorul unui spectrometru β cu cîmp magnetic longitudinal, adaptat special pentru surse de radiaţii de activitate specifică mică şi a unui spectrometru cu lentilă magnetică scurtă cu corecţia aberaţiei de sfericitate (pe baza unei teorii elaborate de cercetătorii Institutului de Fizică Atomică). Cu aceste spectrometre se cercetează şi corelaţia unghiulară $\beta - \gamma$ pentru verificarea teoriei dezintegrării β şi verificarea noilor concepţii cu privire la neconservarea parităţii.

Proprietăţile magnetice ale nucleelor sînt studiate cu o instalaţie de radiospectroscopie, realizată în întregime în ţară (fig. 9).

Studiul radiaţiei cosmice

Una dintre problemele centrale ale fizicii nucleare este legată de interacţiunile particulelor de energie foarte mare (înţelegînd prin aceasta energii cinetice mult mai mari ca 10^7 eV, faţă de care energiile de legătură ale particulelor în nucleu sînt neglijabil de mici). În astfel de interacţiuni se manifestă, în formă practic „curată", forţele nucleare, fără ca ele să fie mascate de interacţiuni electromagnetice.

Particulele cu energii aşa de mari pot fi obţinute numai cu acceleratori uriaşi. Posibilităţile

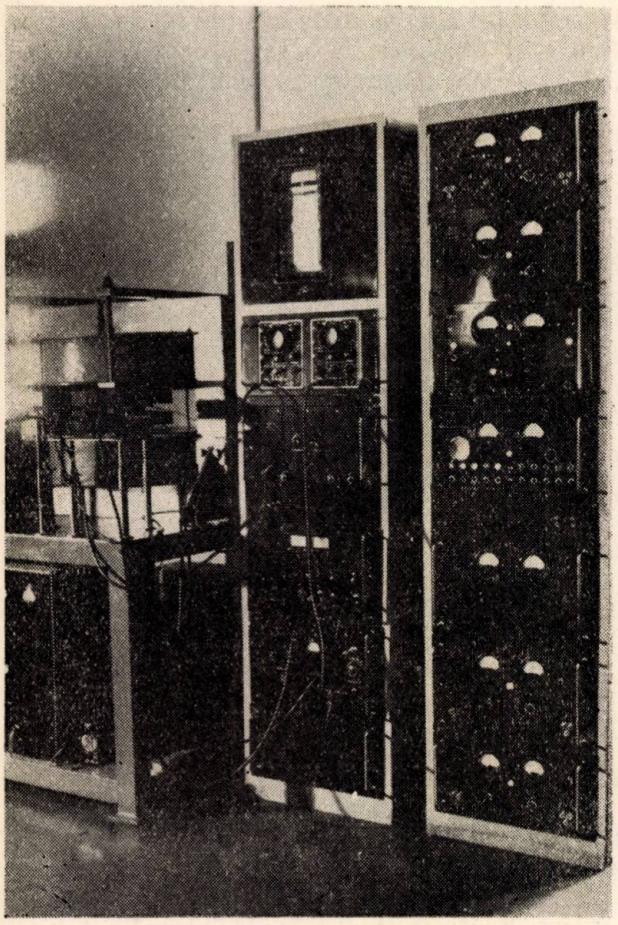


Fig. 9. Instalație de radiospectroscopie.

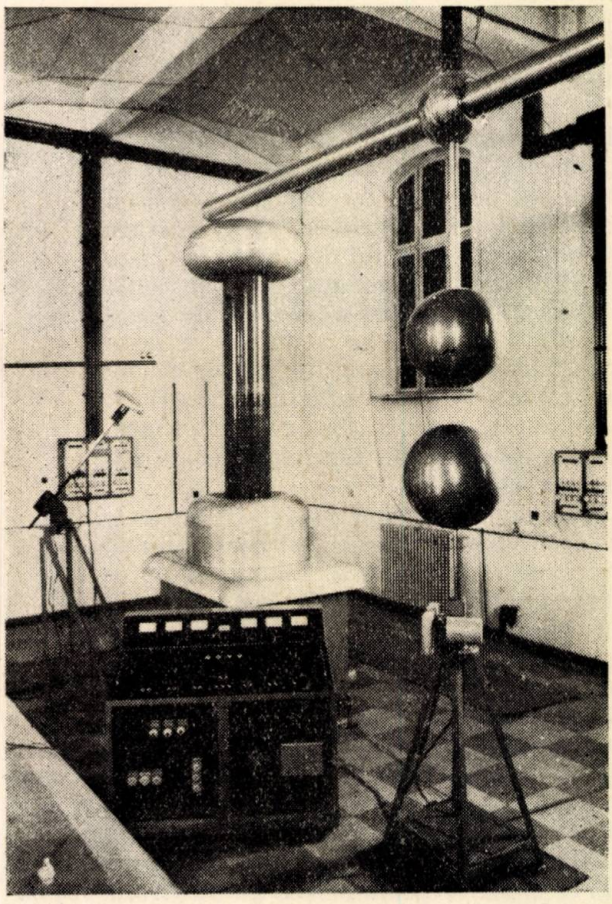


Fig. 10. Generator de tensiune de tip Van de Graaff

acestor instalații sînt însă limitate la circa 10^{10} eV din cauza dimensiunilor și costului prohibitiv al unor asemenea aparate. Dincolo de 10^{10} eV, unica sursă de particule de mare energie o constituie radiația cosmică care ne furnizează particule cu energii pînă la circa 10^{19} eV (cam o particulă pe secundă pe fiecare centimetru pătrat la limita atmosferei). Astfel, studiul radiației cosmice a devenit parte integrantă din fizica nucleară de mari energii.

În țara noastră cercetările asupra interacțiunilor nucleare din radiația cosmică au început în jurul anului 1952 și au căpătat o deosebită extindere în ultimii ani.

Au fost elaborate metode noi pentru măsurarea energiilor foarte mari, s-au făcut studii amănunțite cu privire la distribuția unghiulară și la transferul de energie în procesele care au loc la energii de ordinul a $10^{10} - 10^{12}$ eV. Totodată s-au efectuat ample studii asupra proceselor de dezintegrare a particulelor elementare instabile, ca de exemplu dezintegrarea mezonilor π, la care s-a observat o anizotropie pronunțată în emisia produselor de dezintegrare.

O dată cu dezvoltarea Institutului de Fizică Atomică, laboratorul de raze cosmice a primit

Fig. 11. Mașina electronică de calcul.

o dotare, corespunzînd celor mai moderne exigențe ale cercetării în acest domeniu, fiind utilat cu microscoape de măsură de mare pre-

cizie, instalaţii electronice complexe pentru studiul jerbelor atmosferice largi şi o sală specială de măsurători, situată sub un bazin de absorbţie, unic în felul său în Europa.

Aparatură

Aparatura complexă, necesară cercetărilor de fizică şi tehnică nucleară, este produsă pe scară din ce în ce mai largă şi la un nivel tehnic

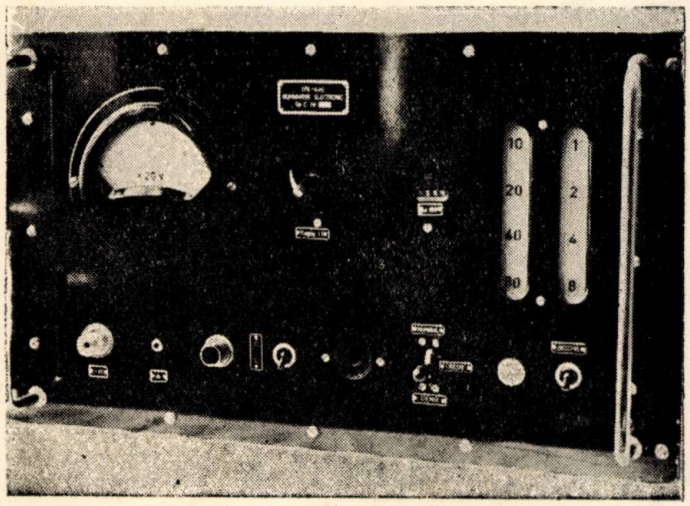


Fig. 12. Numărător electronic.

din ce în ce mai ridicat în ţară, în special la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R. Astfel, s-au realizat doi generatori de înaltă tensiune de tip Van de Graaff (fig. 10), unul din aceştia fiind în funcţiune de mai mulţi ani în laboratoarele catedrei de Fizică Atomică de la Universitatea „C. I. Parhon" iar de curînd a intrat în funcţiune un betatron cu ajutorul căruia se accelerează electroni pînă la energia de 30 MeV. De cîţiva ani lucrează o maşină electronică de calcul de viteză medie, proiectată şi realizată în întregime de specialişti romîni, cu ajutorul căreia au fost rezolvate numeroase probleme puse de tehnică (fig. 11).

În cadrul Institutului de Fizică Atomică s-a pus la punct construirea în serie mică a aparaturii electronice standard, folosite în tehnica nucleară, cum ar fi numărători electronici (fig. 12), redresoare pentru alimentarea fotomultiplicatorilor, analizori de amplitudine (fig. 13), instalaţii de coincidenţă (fig. 14) etc. În multe sectoare ale economiei naţionale se foloseşte de-acum această aparatură (de exemplu dozimetrele „Cuanta" (fig. 15), cu rezultate foarte bune.

* * *

Numeroase lucrări, conţinînd contribuţii originale în fizica şi tehnica nucleară, au fost publicate în revistele de specialitate din ţară şi străinătate. Sînt de menţionat îndeosebi

Fig. 13. Analizor de amplitudine cu memorie electrostatică

rezultatele valoroase obţinute în domeniul razelor cosmice, particulelor elementare, acţiunii radiaţiilor asupra solidului, fizicii teoretice, radiochimiei etc.

Multe lucrări ale fizicienilor şi inginerilor

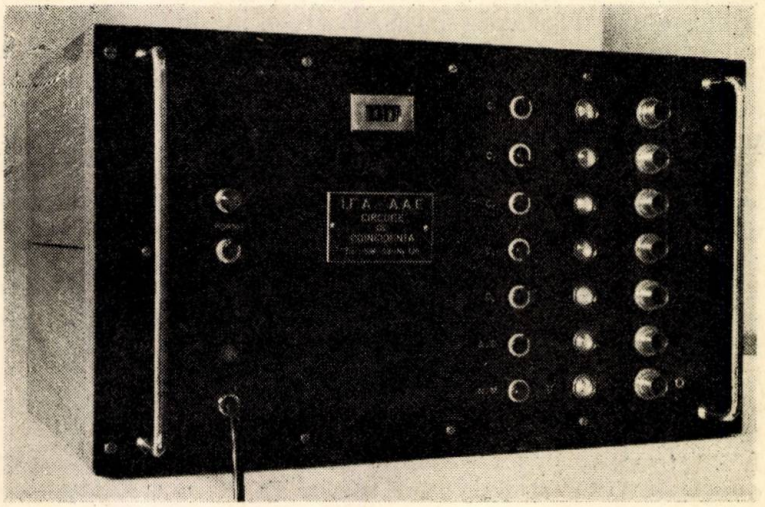
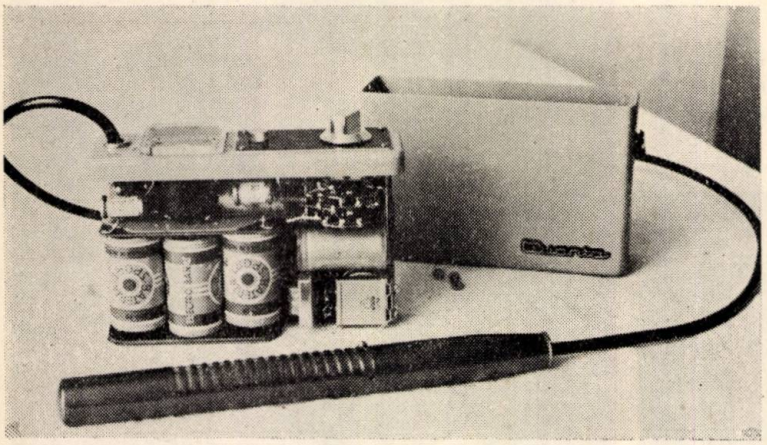


Fig. 14. Instalaţie de coincidenţă.

romîni au fost prezentate la Conferinţa cu privire la utilizarea în scopuri paşnice a energiei atomice, ţinută la Geneva în anul 1958 şi la Colsfătuirea internaţională de raze cosmice, din mai

1959, din Bucureşti, bucurîndu-se de aprecierea specialiştilor întruniţi acolo.

Eforturile cercetătorilor în tehnica nucleară se îndreaptă acum înspre introducerea metodelor moderne de lucru cu izotopi radioactivi în diferite sectoare ale economiei naţionale, cum ar fi în industria petroliferă, în cea chimică, în agricultură etc.



← Fig. 15. Dozimetru „Cuanta"

Făcînd bilanţul realizărilor din ultimii ani, se poate spune, pe bună dreptate, că în fizica şi tehnica nucleară s-au făcut progrese uriaşe. Succesele obţinute se datoresc în primul rînd grijii deosebite a Partidului Muncitoresc Romîn şi a Guvernului Republicii Populare Romîne pentru propăşirea ştiinţei şi tehnicii la noi în ţară.

Prezenţe romîneşti şi realizări în automatică şi electronică la Institutul Unificat de Cercetări Nucleare de la Dubna*)

CZ 539.1:621-52:621.37/.38/(SiR)

În Institutul Unificat de Cercetări Nucleare (IUCN) de la Dubna munca ştiinţifică se duce în cinci mari laboratoare. Cel mai vechi este laboratorul de probleme nucleare (LPN) dezvoltat în jurul sincrociclotronului de 680 milioane eV. Un alt laborator este laboratorul de energii înalte (LEI) care utilizează marele sincrofazotron de 10 miliarde eV. Funcţionează de asemenea laboratorul de fizică teoretică, iar două noi laboratoare sînt în construcţie, unul avînd un ciclotron de ioni multipli încărcaţi şi altul un reactor fierbinte lucrînd în regim de impulsuri.

Majoritatea grupului de fizicieni şi ingineri romîni lucrează în primele trei laboratoare, şi mai ales în primul laborator de sub conducerea prof. V. P. Djelepov. Mulţi se ocupă cu probleme de metodică experimentală în care intră automatica şi electronica. Sectorul de metodică de la LPN este condus de prof. dr. ing. T. Tănăsescu, membru corespondent al Academiei R.P.R. Aici mai lucrează inginerii romîni: N. Vîlcov, L. Vîlcov şi I. Răileanu; cu probleme de metodică se mai ocupă la LPN şi fizicianul romîn D. Neagu din sectorul condus de cunoscutul om de ştiinţă Bruno Pontecorvo, ing. E. Iliescu din grupul tînărului fizician sovietic A. A. Tiapkin şi ing. Gr. Alexandru din sectorul de acceleratori.

La LEI în problema automatizării citirii emulsiilor fotografice lucrează ing. E. Katz, candidat în ştiinţe tehnice ajutat de ing. T. Păcuraru. Mai jos fiecare dintre cercetătorii romîni expun mai întîi în linii mari problemele la care lucrează în grupul respectiv de lucru şi apoi preocupările particulare pe care le are fiecare. Unele dintre aceste probleme sînt rezolvate şi se pot da rezultate. Altele sînt în curs de rezolvare şi se dau numai indicaţii asupra direcţiilor de studiu.

Mai este de remarcat faptul că lucrările cercetătorilor romîni nu se desfăşoară izolat ci într-o colaborare strînsă cu ceilalţi cercetători sovietici şi din ţările de democraţie populară aflaţi la Dubna.

Metodica milimicrosecundelor

Experienţele destinate studierii interacţiunilor particulelor elementare de energii mari necesită o aparatură cu calităţi deosebite. Una dintre cerinţele de bază impuse montajelor experimentale o constituie precizia stabilirii în timp a producerii unui anumit fenomen, caracterizată prin rezoluţia de timp a sistemului. Pe de o parte vitezele de zbor mari ale particulelor de energii înalte conduc la timpuri de zbor

*) Prezenta lucrare a fost elaborată de un colectiv de cercetători romîni de la Institutul Unificat de Cercetări Nucleare (Dubna, U.R.S.S.) sub conducerea prof. dr. ing. T. Tănăsescu, membru corespondent al Academiei R.P.R., şeful grupului de cercetători romîni de la IUCN.

de ordinul a $10^{-8}-10^{-9}$ s iar pe de altă parte timpii de rezoluţie ai circuitelor de coincidenţă necesare pentru a obţine un raport semnal/zgomot acceptabil chiar la fenomene cu probabilitate redusă, rezultă tot de acelaşi ordin de mărime.

Trăsătura specifică a acestui domeniu experimental o constituie dificultatea măsurătorilor

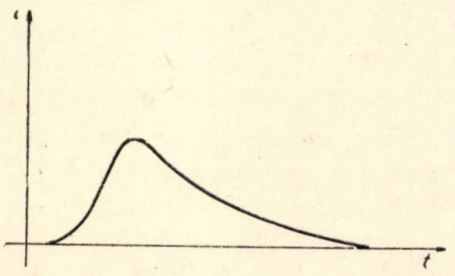


Fig. 1. Impuls de curent în circuitul anodic al fotomultiplicatorilor.

asupra instalaţiilor realizate. De aci abundenţa de măsurători indirecte, relativ uşor de efectuat dar foarte greu de analizat. În sectorul de metodică al LPN s-au studiat posibilităţile de realizare a unor instalaţii care să permită efectuarea unor măsurători directe, comportînd o aparatură cît mai simplă.

Instalaţia realizată de către cercetătorul N. VÎLKOV, permite măsurarea caracteristicilor de timp pentru materialele scintilatoare şi fotomultiplicatorii electronici. Concentrarea studiului asupra acestor două elemente se explică în primul rînd prin aceea că ele determină în principal rezoluţiile de timp ale schemelor din care fac parte. În afară de aceasta dispersia caracteristicilor de la exemplar la exemplar impune măsurarea caracteristicilor scintilatorilor şi fotomultiplicatorilor în fiecare caz în parte.

În cazul cînd prin materialul scintilator trece o particulă ionizantă (neutră sau încărcată), atomii substanţei respective revenind către nivelele energetice anterioare excitaţiei emit o radiaţie luminoasă care constituie tocmai scintilaţia. O parte din impulsul luminos astfel produs cade pe fotocatodul fotomultiplicatorului electronic, ca rezultat apărînd un impuls de curent în circuitul anodic al fotomultiplicatorului. Forma generală a unui asemenea impuls de curent se poate urmări pe fig. 1. Partea ascendentă mai rapidă a impulsului, denumită obişnuit „front", depinde în principal de viteza de creştere a lavinei de electroni din fotomultiplicator, care caracterizează durata frontului fotomultiplicatorului. Partea descendentă a impulsului are o alură exponenţială apropiată de legea de descreştere în timp a fluxului luminos emis de scintilator a cărei constantă de timp se cheamă „durată de scintilaţie".

În acest mod, cunoaşterea formei impulsului de curent anodic al fotomultiplicatorului este suficientă pentru determinarea duratei de scintilaţie şi duratei frontului fotomultiplicatorului. Folosirea metodelor curente de oscilografiere nu este însă posibilă decît în ipoteza că se dispune de tuburi catodice cu deflecţie distribuită, care constituie piese cu caracter unical. De aceea pentru determinarea formei impulsului de curent s-a folosit o metodă în care scara timpului este echivalată cu lungimea unor linii coaxiale.

Principiul metodei pentru determinarea părţii descendente a impulsului se poate urmări în fig. 2. Impulsul de studiat u_i este aplicat la intrarea unei linii coaxiale, a cărei ieşire este legată în scurtcircuit. Propagîndu-se pe linie, impulsul se reflectă cu schimbare de semn la capătul liniei, şi se întoarce după un timp T proporţional cu lungimea liniei la intrare (impulsul u_r din fig. 2, *a*). Impulsul rezultat $u_i + u_r$ are o alternanţă negativă a cărei amplitudine este dată de diferenţa dintre amplitudinea impulsului reflectat (egală cu amplitudinea impulsului iniţial dacă se neglijează pierderile pe linie) şi valoarea instantanee a impulsului iniţial corespunzătoare momentului : $t=T$. Amplitudinea impulsului iniţial se determină măsurînd amplitudinea alternanţei negative a impulsului rezultant pentru o linie coaxială suficient de lungă pentru ca impulsurile iniţial şi reflectat să nu se suprapună. Rezultă astfel valoarea instantanee a impulsului iniţial corespunzătoare momentului $t=T$. Alegînd linii coaxiale de diferite lungimi se ridică punct cu punct partea descendentă a impulsului studiat (fig. 2,*b*). Schema instalaţiei bazată pe metoda de mai sus este arătată în fig. 3. Fotomultiplicatorul electronic *FM* primeşte scintilaţiile probei *P* excitate de radiaţia γ a unei surse radioactive de CO^{60}. În anodul fotomultiplicatorului este montată linia coaxială cu un

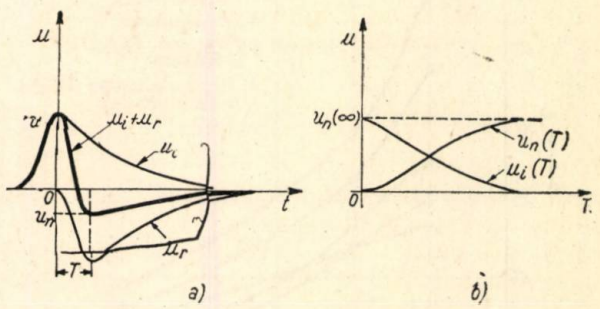


Fig. 2. — Principiul metodei pentru determinarea părţii descendente a impulsului.

capăt în scurtcircuit (aşezată vertical în fig. 3). Impulsul rezultant se aplică apoi circuitului detector care taie alternanţa negativă (de astădată impulsul iniţial este negativ) şi lungeşte alternanţa pozitivă a impulsului rezultant, suficient pentru a se putea folosi la măsurarea amplitudinii aparatelor standardizate (amplificator, discriminator, numărător). Ca o ilustrare a

metodei expuse, în fig. 4 sînt arătate părţile descendente ale impulsurilor de scintilaţie, rezultate în anumite materiale scintilatoare organice, determinate prin această metodă.

Pentru determinarea părţii ascendente a impulsului de curent se foloseşte o metodă absolut

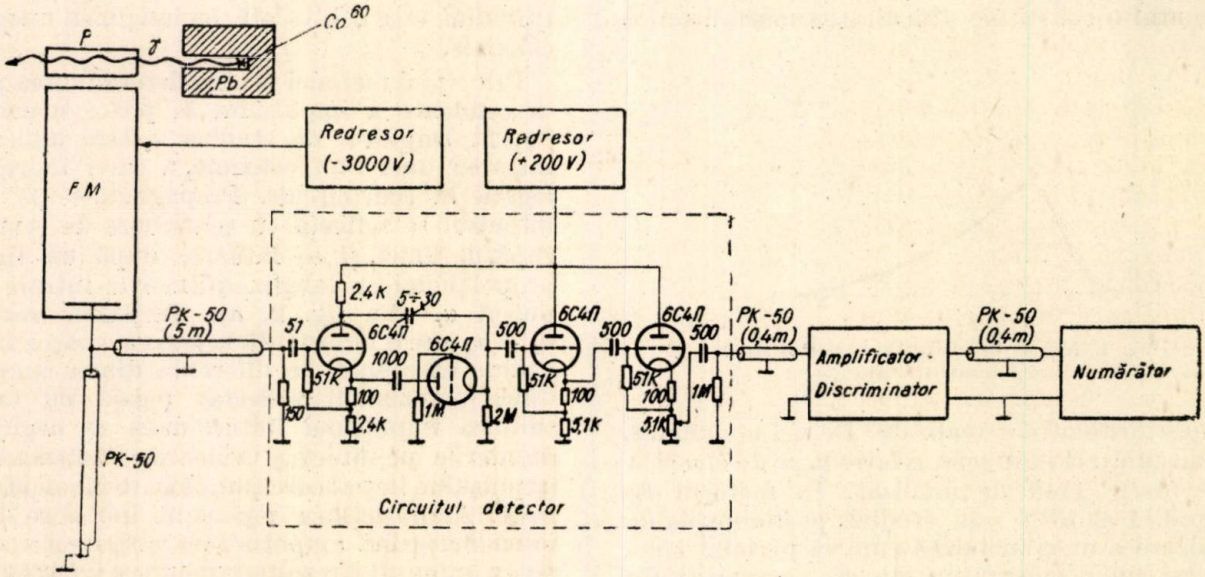


Fig. 3. Schema instalaţiei bazată pe metoda expusă.

analogă. Principiul metodei este arătat în fig. 5 în care scara timpului este mult mai extinsă decît în fig. 2 pentru a pune în evidenţă frontul impulsului. Aici se ia în consideraţie alternanţa pozitivă a impulsului rezultat prin suprapunerea impulsului iniţial (fig. 5,*a*) cît şi a celui reflectat cu întîrzierea T (fig. 5,*b*). Amplitudinea alternanţei pozitive este în acest

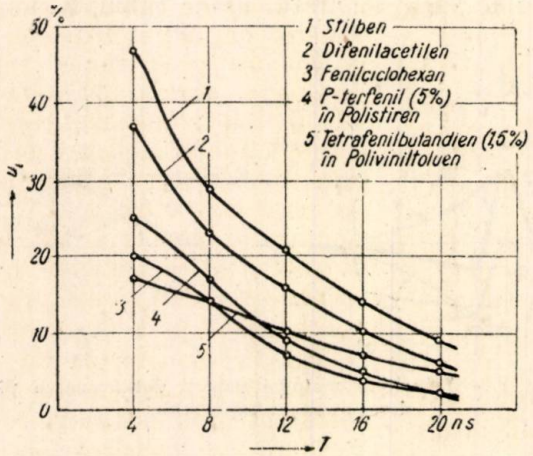


Fig. 4. Părţile descendente ale impulsurilor de scintilaţie determinate cu metoda expusă.

caz egală cu valoarea instantanee a impulsului studiat corespunzătoare momentului $t = T$. Pentru ridicarea punct cu punct a părţii ascendente a impulsului de curent anodic, se foloseşte tot instalaţia din fig. 3 cu menţiunea că polaritatea diodei detectoare (tubul triodă 6C4Π legat ca diodă) trebuie inversată. Fronturile impulsurilor de curent rezultate în fotomultiplicatorii ФЭУ — 19 şi ФЭУ — 33 datorită scintilaţiilor produse într-un cristal de stilben, au fost găsite egale cu 12 şi respectiv 7,5 mμs.

În afară de această problemă cercetătorul N. VÎLCOV mai urmăreşte actualmente problema îmbunătăţirii rezoluţiei în schemele de coincidenţă cu mai multe canale. Această problemă este necesară spre a putea soluţiona mulţumitor unele experienţe complexe cu fascicole polarizate, unde probabilitatea evenimentelor este foarte redusă.

Cameră de scintilaţie

În fizica nucleară prezintă mult interes rezolvarea problemei înregistrării proceselor nucleare în camere de scintilaţie, prin urmele date de diferitele radiaţii produse de acceleratori. Este vorba de urme luminoase foarte slabe care se produc în volume cu dimensiuni liniare de la 2 — 30 cm. Se pune astfel în primul rînd problema amplificării unui foarte slab flux luminos aşa încît la sfîrşit imaginea respectivă să poată fi fotografiată. Aceasta este una din preocupările sectorului de metodică al LPN. Se ştie că urma produsă în scintilator de către o particulă incidentă de o energie foarte mare poate da fluxuri luminoase de $10^4 - 10^5$ fotoni/cm din lungimea ei, cuantumul acesta depinzînd de felul particulei incidente, de energia ei, de natura scintilatorului etc. Din aceste fluxuri luminoase, un obiectiv fotografic normal care ar transpune imaginea pe film ar culege foarte puţin din fluxul luminos emis ; astfel, un obiectiv de deschidere 1/1,5 are un randament de captare a fluxului luminos numai de 0,3%, adică în imagine vom

avea urme numai de 30—300 fotoni/cm, la un raport de mărire 1/2. Se ştie că cel mai sensibil film fotografic necesită $3{,}5 \cdot 10^6$ fotoni/mm² (în violet), pentru o înnegrire de 10%; pentru urme de circa 50μ lăţime filmul cere deci $1{,}75 \cdot 10^6$ fotoni/cm. După cum se vede este nevoie de o amplificare de lumină de ordinul 10^4 plecînd de la un nivel de iluminare foarte coborît.

S-au propus diferite soluţii, bazate toate pe întrebuinţarea unor tuburi electrono-optice. În primul rînd pentru îmbunătăţirea randamentului de transmisie optică de la scintilaţie la prima imagine (pe un fotocatod) s-a propus ca această cameră de scintilaţie să fie construită dintr-un mănunchi de fire cilindrice plastice scintilatoare (polistirol), de circa 1 mm Ø care să conducă lumina scintilaţiilor pe fotocatodul primului tub amplificator. Cu asemenea fire cercetătorul sovietic SAVCENKO, din IUCN, a construit o mică cameră care dă pentru o particulă incidentă circa 100—200 fotoni la capătul fiecărui fir în care se produc scintilaţii. Urma este constituită astfel pe fotocatod din puncte de 1 mm Ø. Avînd în vedere rezoluţia slabă a acestui sistem s-a studiat alternativa de a utiliza un obiectiv cu deschidere largă care să poată da randamente de captare a fluxului luminos de 10—12%; este indicat ca asemenea obiective să fie construite cu oglindă parabolică sau sferică (în ultimul caz cu menisc-lentilă pentru corecţia aberaţiei sferice). După cum s-a spus mai sus amplificarea de lumină la aceste nivele coborîte se obţine prin tuburi amplificatoare electrono-optice. Imaginea se aplică pe fotocatodul acestor tuburi; electronii emişi sînt accelerați în mod ordonat şi focalizaţi coerent de către tensiuni anodice de ordinul 20 — 30 kV; ei cad la sfîrşit cu viteză mare pe un ecran, care reproduce astfel imaginea prin luminiscenţa lui. Un asemenea tub poate da normal la un raport de imagini 1/1 o amplificare de strălucire de circa 15 ori, iar prin reducerea imaginii amplificarea creşte la 50—1 000 ori. Azi se încearcă să se construiască şi tuburi cu două şi mai multe etaje de mare amplificare, în care fiecare ecran intermediar este cuplat direct în interior pe un fotocatod. În vederea măririi amplificării acestor tuburi s-au făcut studii pentru a aplica o reacţie pozitivă pe cale optică de la ecranul de ieşire spre fotocatodul de la intrare; calea optică este asigurată prin sisteme cu oglinzi sferice şi menisc-lentilă. Avînd în vedere că imaginea trebuie să conţină numai cîteva urme caracteristice cu fond parazit cît mai slab, în cazul producerii radiaţiei cu ajutorul unui accelerator este necesar să se limiteze timpul de înregistrare la un interval de la 1—100 μs; primul tub amplificator electrono-optic trebuie alimentat cu tensiune înaltă numai în impulsuri scurte. Studiul regimului de funcţionare în impulsuri a acestor tuburi se face la IUCN de Ing. L. VÎLKOV. În afară de tuburile amplificatoare simple amintite mai sus se pot utiliza şi tuburi superorticoane, care după cum se ştie din televiziune, sînt cele mai sensibile tuburi captoare de imagini. În televiziune se poate lucra cu acest tub pînă la un prag inferior de circa $1{,}4 \cdot 10^6$ fotoni/mm². Pentru imagini-desene formate din linii, acest prag se poate coborî pînă la $3{,}5 \cdot 10^5$ fotoni/mm². Superorticonul este deci de 10 ori mai sensibil decît filmul fotografic. În diverse laboratoare se încearcă azi construcţia unor tuburi captoare de lumină cu praguri inferioare mai mici; unele dintre ele cuplează în interiorul superorticonului, în faţă, 1—2 etaje de amplificare electrono-optice, similare cu cele descrise mai sus. Altele utilizează un proces fizic nou de conductivitate indusă în semiconductori atunci cînd suprafaţa semiconductorului este bombardată cu electroni.

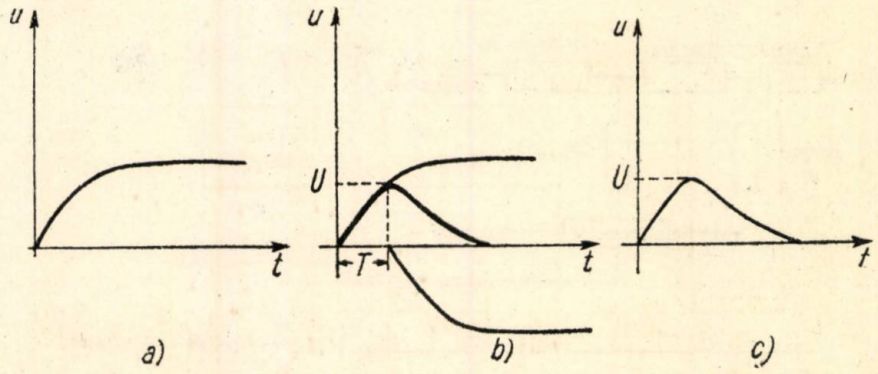


Fig. 5. Principiul metodei pentru determinarea părţii ascendente a impulsului.

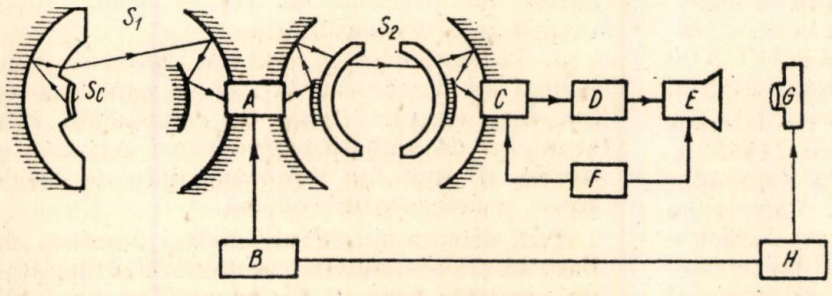


Fig. 6. Schema camerei cu scintilaţie care se elaborează la IUCN:

Sc — scintilator; S_1 — sistem optic de colectare a scintilaţiilor şi proiectarea unei imagini pe fotocatodul tubului *A*; *A* — tub amplificator electrono-optic; *B* — alimentator cu tensiune înaltă în impulsuri; S_2 — sistem optic de transmitere a imaginii de pe ecranul tubului *A* pe fotocatodul tubului *C*; *C* — superorticon; *D* — amplificator video; *E* — tub kinoscop; *F* — dispozitiv de desfăşurare rapidă; *G* — aparat fotografic; *H* — comanda ritmului impulsurilor, care determină cîte o imagine.

Camera cu bule

În sectorul de metodică al IUCN s-a elaborat o metodă de coborîre a pragului de sensibilitate a superorticoanelor normale prin mărirea vitezei fascicolului în desfăşurare (T. TĂNĂSESCU şi I. RĂILEANU). În aceste instalaţii

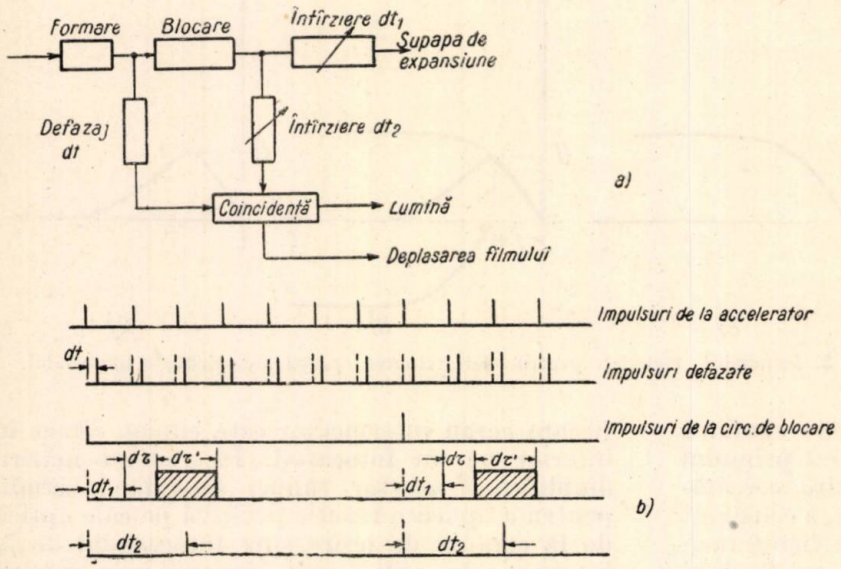


Fig. 7. Schema pentru fotografierea unuia din grupurile de particule şi caracteristicile ei, realizată la IUCN

superorticonul este conectat la un kinoscop pe care apare imaginea ; amplificatorul video dintre ele permite să se realizeze o amplificare suficientă pentru vizualizare şi fotografiere. Placa mozaic a superorticonului memorează imaginea (care ca scintilaţie durează numai cîteva milimicrosecunde) şi se poate ajunge la scoaterea a circa 5—10 imagini diferite pe secundă. Acesta este probabil principalul avantaj al camerii cu scintilaţie faţă de camerele cu bule. În concret camera de scintilaţie care se elaborează la IUCN va conţine elementele arătate în schema din fig. 6.

Camera cu bule este un nou tip de detector de particule inventat relativ recent (1952) şi care combină multe din avantajele camerelor cu ceaţă şi ale emulsiilor nucleare. Camera cu bule este deosebit de utilă în experienţele făcute cu acceleratori de mare energie. Ea constă dintr-un vas închis prevăzut cu ferestre şi umplut cu un lichid la o temperatură mai mare decît temperatura normală de fierbere şi sub o presiune suficient de mare pentru a împiedica fierberea. Cînd se scade brusc presiunea lichidului cu ajutorul unui mecanism de expansiune, lichidul devine termodinamic-instabil faţă de formarea de bule de vapori. Dacă gradul de instabilitate este suficient, formarea bulelor poate fi produsă de trecerea prin cameră a particulelor ionizante (particule încărcate). În acest fel traiectoria particulei este pusă în evidenţă ca un şirag de bule de vapori care pot fi fotografiate pentru a obţine o imagine permanentă a evenimentului nuclear interesant.

Sincronizarea camerei cu fascicolul pulsatoriu de particule dat de accelerator trebuie să asigure :

a) sensibilizarea camerei în momentul trecerii unui grup de particule.

b) fotografierea ei după 0,5÷1 ms de la trecerea particulelor (timpul necesar pentru formarea traiectoriei de bule).

Automatizarea ţine seamă de următoarele particularităţi ale situaţiei (fig. 7, *a* şi *b*) :

1. Acceleratorul dă semnale cu frecvenţă aproximativ 100 Hz corespunzătoare momentului începerii accelerării grupului de particule. Aceasta înseamnă că trecerea grupurilor de particule prin cameră este defazată cu un dt' corespunzător timpului de accelerare şi timpului de zbor pînă la cameră. Dacă în acel moment camera este sensibilă, particulele creează traiectorii de bule care într-un timp dt'' cresc pînă la dimensiunile necesare pentru fotografiere. Prin urmare, pentru fotografiere trebuie avută în vedere o defazare $dt = dt' + dt''$.

2. Dacă sistemul de expansiune al camerei primeşte semnalul de comandă cu o întîrziere dt_1 faţă de semnalul de comandă a schemei, sensibilizarea are loc cu o anumită întîrziere $d\tau$ şi durează un timp $d\tau'$, care depinde de particularităţile de construcţie a camerei. Reglînd pe dt_1 se poate face ca unul din grupurile consecutive de particule să treacă prin cameră în perioada de sensibilitate.

3. Fotografierea se face cu ajutorul unor tuburi cu descărcare în impuls care sînt comandate cu un semnal de coincidenţă între semnalul de comandă al schemei întîrziat cu un dt_2 şi unul din semnalele date de accelerator şi defazate de schemă.

Prin urmare specificul schemei descrise, elaborate în IUCN, este că ea fotografiază nu grupul de particule care a declanşat-o ci unul din grupurile ulterioare (al doilea, al treilea etc.). Fără a intra în amănunte privind construcţia şi utilizarea camerelor cu bule şi nici în descrierea calităţilor care le fac să prezinte avantaje decisive faţă de camerele cu ceaţă şi emulsiile nucleare, trebuie spus că alegînd în mod convenabil lichidul de umplere a camerei, se pot studia diferite tipuri de evenimente : hidrogen lichid, în experienţele care cer o ţintă pură de protoni ; deuteriu lichid, în experienţele cu neutroni ; hidrocarburi în cazul cînd se cere o putere de oprire moderată şi cînd nu-

cleul — ţintă poate fi identificat, din cinematica reacţiei, ca fiind proton sau carbon; xenon lichid, pentru putere de oprire mare şi pentru eficienţa la detecţia razelor γ prin producerea de perechi electron-pozitron. Se pare că orice lichid transparent, care conţine unul sau mai mulţi componenţi, poate fi utilizat pentru umplerea camerei şi că alegerea este limitată numai de factori ca preţul de cost, stabilitate chimică, toxicitate, pericol de explozie şi necesităţi de presiune şi temperatură etc. Aceşti factori intervin cu ponderi diferite în aprecierea posibilităţilor de realizare a unei anumite experienţe deoarece greutăţile legate de depăşirea piedicilor respective sînt diferite. Aşa, de exemplu, realizarea camerelor cu hidrogen lichid ridică probleme serioase legate de menţinerea camerei la o temperatură foarte joasă ($\sim$27°K), de consumul mare de hidrogen, de evitarea pericolului de explozie etc. Stadiul actual al tehnicii permite depăşirea acestor greutăţi şi orice laborator cu înzestrare medie îşi poate permite construirea unei asemenea camere.

Altfel stau însă lucrurile cu camerele cu xenon: un litru de xenon lichid costă foarte mult şi posibilităţile de extragere a xenonului sînt cu totul limitate. De aceea problema găsirii unor „înlocuitori" este foarte actuală şi preocupă pe specialiştii din lumea întreagă. Trebuie găsite lichide grele, care conţin elemente cu număr atomic mare şi cu proprietăţi chimice şi termodinamice care să permită funcţionarea camerei la presiuni şi temperaturi moderate. Deşi problema este destul de precis determinată, căi de rezolvare dinainte cunoscute nu există şi de aceea pînă nu demult, ştirea că s-a găsit un nou „lichid greu" care înlocuieşte (mai mult sau mai puţin) xenonul, apărea ca un rezultat fericit în care întîmplarea şi abilitatea excepţională a fizicianului au jucat un rol important. Aşa de exemplu, cercetătorii americani au creat, pe cale de sinteză, combinaţii chimice speciale care permit funcţionarea camerei la temperatura ambiantă (densitatea lichidului $\sim$1,2 gr/cm^3; parcursul radiaţiei $\sim$12 cm). Cercetătorii italieni au găsit cîteva amestecuri surprinzătoare de lichide, care lucrează în aproximativ aceleaşi condiţii. Este însă nevoie ca asemenea „reţete" să fie cuprinse în cadrul unei teorii generale care să poată prevedea condiţiile de lucru. În această direcţie, cercetătorii IUCN, R. Salucvadze şi D. Neagu, din sectorul condus de fizicianul Bruno Pontecorvo, au obţinut unele rezultate promiţătoare.

Pentru cazul lichidelor pure exista teoria „electrostatică" a lui Glaser precum şi formule empirice care dau, cu o precizie acceptabilă parametrii de lucru ai lichidului. Această teorie nu este însă singura posibilă şi nici nu este general acceptată, în special din cauza dificultăţii de explicare — în cadrul acestei teorii — a funcţionării camerei cu xenon. Teoria „termică" lucrează cu noţiuni mai generale dar este mult mai puţin succeptibilă de aplicare în cazuri concrete; în plus, ea dă aceeaşi comportare cantitativă a lichidelor, în domeniile interesate. De aceea cercetătorii IUCN au plecat de la prima teorie şi au găsit o cale comodă de a pune în legătură sistemele lichide policomponente cu mecanismul electrostatic de formare a bulelor. În esenţă rezultatele lor spun că dacă un amestec oarecare de lichide formează un sistem bifazic (soluţie), condiţiile de funcţionare în camera cu bule sînt exprimate de un sistem de 3 relaţii, din care una este cunoscuta inegalitate a lui Glaser. Problema astfel pusă se simplifică şi se reduce la cercetări nespecifice domeniului, şi anume la o problemă de solubilitate. Pentru toate sistemele bifazice policomponente cunoscute, metoda propusă permite calculul parametrilor de lucru, fără să se mai recurgă la lungi şi dificile experienţe preliminare. Soluţia oferită este — desigur — incompletă deoarece ea presupune a priori — existenţa sistemului bifazic policomponent dat; însă în stadiul actual al ştiinţei această completare nu se poate da. Verificarea metodei propuse în cazul sistemelor folosite pînă acum — în cazul cînd autorii respectivi au publicat date suficiente — dă o concordanţă excelentă cu experienţa, spre deosebire de formulele empirice care sînt în aceste cazuri cu totul inexacte. Metoda aceasta a dus la crearea unei camere cu bule, cu lichid greu — umplută cu o soluţie de iodură de metil şi propan (densitate 1,1 g/cm^3; parcursul radiaţiei 10,5 cm). Această cameră promite să fie foarte utilă în studiul particulelor neutre care se dezintegrează în cuante γ. În plus, conţinutul ridicat de hidrogen al sistemului propus constituie o apropiere foarte de dorit faţă de condiţiile de lucru cu camera cu hidrogen lichid. Experienţe de acest gen sînt în curs de realizare.

Metoda propusă a dus de asemenea la descoperirea posibilităţii unui nou tip de umplere a camerelor: sisteme bifazice policomponente, în care unul sau mai mulţi componenţi în condiţii obişnuite sînt substanţe solide şi au parametri de funcţionare care se pot prevedea după aceeaşi metodă. În acest fel se deschide posibilitatea de a introduce în cameră un anumit tip de atom şi de a studia în condiţiile specifice ale acestui instrument reacţiile pe acest nucleu. Experienţe preliminare făcute cu sistemul $CH_3I + CHI_3 + C_3H_8$ au dovedit justeţea acestei prevederi şi este probabil că asemenea sisteme îşi vor găsi o largă întrebuinţare.

Hodoscop folosit în experienţe cu acceleratoare de particule

Contorii Geiger-Müller au fost şi au rămas şi pînă astăzi cele mai simple instrumente folosite în cercetările de fizică nucleară. Sistemele hodoscopice formate din contori Geiger-Müller sînt folosite pe scară largă în special în studiul razelor cosmice. În fig. 8 se poate vedea schema

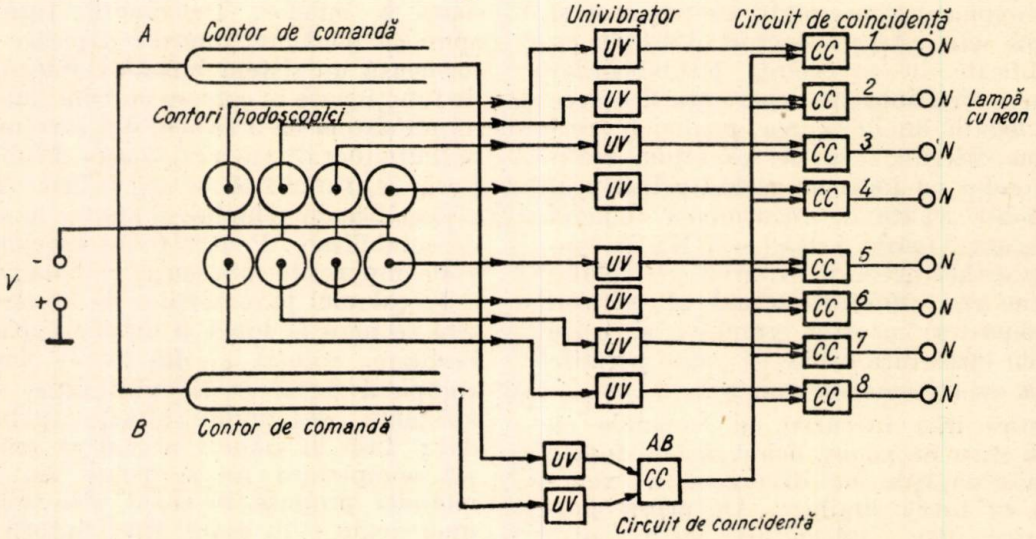


Fig. 8. Schema generală a unui sistem hodoscopic clasic.

generală a unui sistem hodoscopic de tip clasic format din doi contori de comandă (A,B) şi opt contori hodoscopici. Catodele contorilor se găsesc sub un potenţial negativ continuu. Ori de cîte ori o particulă ionizantă va străbate hodoscopul, la ieşirea contorilor prin care a trecut particula, vom avea un impuls de tensiune. Acest impuls după ce este standardizat de un circuit monostabil acţionează asupra unui circuit de coincidenţă. Rolul contorilor de comandă A şi B este numai de a selecta particulele care sînt studiate. Contorii hodoscopici indică traiectoria particulei studiate. Cînd o particulă străbate contorii A şi B, la ieşirea circuitului de coincidenţă AB, vom avea un impuls de comandă care este aplicat la intrările circuitelor de coincidenţă $1-8$ ale contorilor hodoscopici. Este clar că la ieşirea circuitelor de coincidenţă $1-8$ vor apare impulsuri numai în acele canale prin contorii cărora a trecut particula studiată. Aceste impulsuri la rîndul lor provoacă aprinderea unor tuburi cu neon care reproduc poziţia spaţială a contorilor hodoscopici şi care sînt fotografiaţi în ansamblu.

Hodoscopul descris mai sus, din cauza timpului mort mare propriu contorilor cu gaz, nu poate fi folosit decît în experienţele cu un fond mic de radiaţii aşa cum este cazul în razele cosmice. După înregistrarea unei particule contorii Geiger-Müller devin insensibili pe durata timpului mort τ_p care în mod obişnuit este de ordinul zecilor sau sutelor de microsecunde. În cazul unui fond de radiaţii ridicat, contorii hodoscopici se găsesc un timp foarte îndelungat în stare de insensibilitate datorită timpului mort. Eficacitatea de înregistrare scade în mod simţitor. În general fenomenul studiat are loc deajuns de rar şi se întîmplă că tocmai atunci cînd prin hodoscop a trecut particula care ne interesează, contorii hodoscopici pot fi găsiţi în starea de insensibilitate provocată de o particulă din radiaţia de fond. Înregistrarea se face cu o eficacitate redusă sau nu se face de loc. Pentru acest motiv sistemele hodoscopice de tip clasic nu pot fi folosite în experienţele cu acceleratori de particule. Pentru a înlătura acest neajuns al hodoscopului clasic (contorii hodoscopici alimentaţi cu tensiune continuă) la IUCN în LPN, A. A. TIAPKIN a propus alimentarea în impulsuri a contorilor hodoscopici. În fig. 9 se poate vedea schema bloc a unui hodoscop alimentat în impulsuri. Contorii de comandă care lucrează în regim de proporţionalitate cu τ mic, sînt alimentaţi în mod obişnuit. La trecerea prin hodoscop a particulei care ne interesează contorii produc un impuls de comandă care acţionează la intrarea unui circuit generator a unui impuls de înaltă tensiune, care este aplicat pe catodele contorilor hodoscopici. În lipsa impulsului de înaltă tensiune, pe catodele contorilor hodoscopici este aplicată o tensiune continuă mică V_0, insuficientă pentru a provoca o descărcare la trecerea unei particule prin contor. În lipsa impulsului de înaltă tensiune, această tensiune V_0, colectează la anod electronii din ionizarea primară care iau naştere la trecerea unei particule ionizante prin contor. Electronii din ionizarea primară străbat drumul de la locul apariţiei lor pînă la anod, într-un interval de timp T_e. Dacă impulsul de înaltă tensiune

este aplicat pe contor înainte ca electronii din ionizarea primară să fi intrat în zona efectivă de lîngă anodă (în care ei deşi sînt accelerați nu mai pot provoca o descărcare în gazul contorului), atunci în contor se produce o descărcare şi la ieşire avem un impuls de tensiune, astfel încît se produce înregistrarea. Impulsul de înaltă tensiune are în mod obişnuit o amplitudine de 1,5—2 kV (depinde de contorii folosiți) şi o durată de 1 μs. La ieşirea contorului hodoscopic se obține un impuls de 200—300 V care este înregistrat direct de un tub cu neon. În fig. 10 se poate vedea circuitul generator de impulsuri de înaltă tensiune pentru alimentarea contorilor hodoscopici, iar în fig. 11 schema principială a unui canal hodoscopic. Canalele hodoscopice devin cu totul simple eliminîndu-se circuitele electronice complicate care într-un hodoscop cu cîteva zeci sau sute de canale pot fi foarte costisitoare.

Deci, la trecerea unei particule prin hodoscop, contorii prin care a trecut particula respectivă păstrează un anumit timp T_r imaginea acesteia T_r) este timpul necesar pentru ca electronii din ionizarea primară să străbată drumul de la locul apariției lor pînă în zona neefectivă). Pentru înregistrarea efectivă a particulei, impulsul de înaltă tensiune trebuie să fie aplicat pe catodele contorilor hodoscopici cu o întîrziere mai mică decît

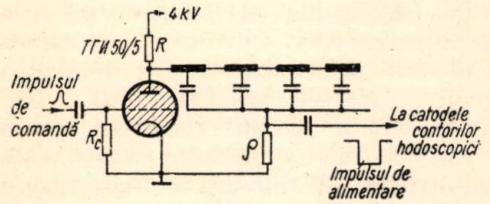


Fig. 10. Circuitul generator de impulsuri de înaltă tensiune pentru alimentarea contorilor hodoscopici.

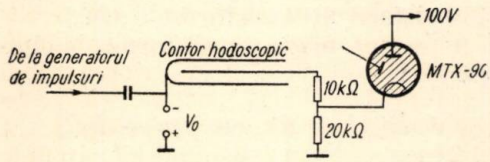


Fig. 11. Schema principială a unui canal hodoscopic.

T_r. Acest interval de timp T_r determină puterea de rezoluție a hodoscopului. T_r este invers proporțional cu V_0, şi este limitat de timpul de întîrziere necesar pentru formarea impulsului de comandă şi a impulsului de înaltă tensiune. Din cele spuse mai sus reiese clar că într-un hodoscop alimentat în impulsuri, scăderea eficacității de înregistrare din cauza timpului mort îndelungat (defect propriu hodoscopului clasic) este înlăturată chiar în condițiile unui fond de radiații ridicat. Aceast lucru a făcut posibilă folosirea hodoscopului alimentat în impulsuri la experiențe cu acceleratoare de particule la care fondul de radiații este deosebit de ridicat. Un asemenea hodoscop (fig. 12) conținînd 420 ca-

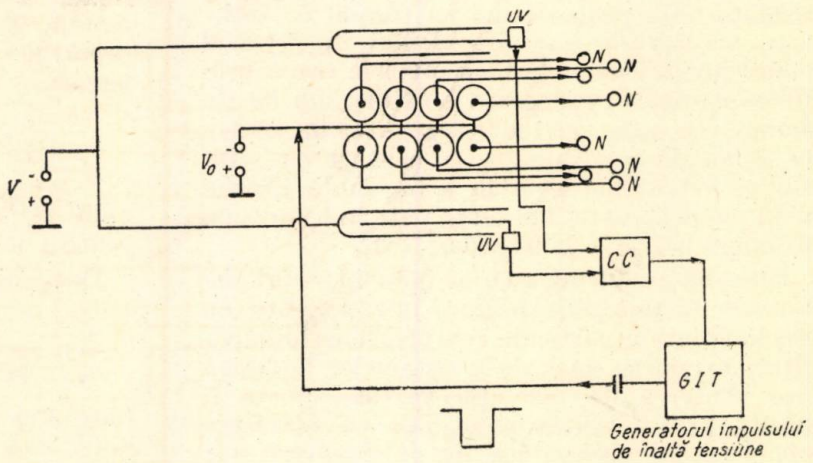


Fig. 9. Schema bloc a unui hodoscop alimentat în impulsuri.

nale, a fost folosit de colaboratorii LPN, I. M. VASILEVSKI şi V. V. VIŞNIAKOV la studiul distribuției unghiulare în difuzia elastică a π-mezonilor pe protoni la sincrociclotronul de

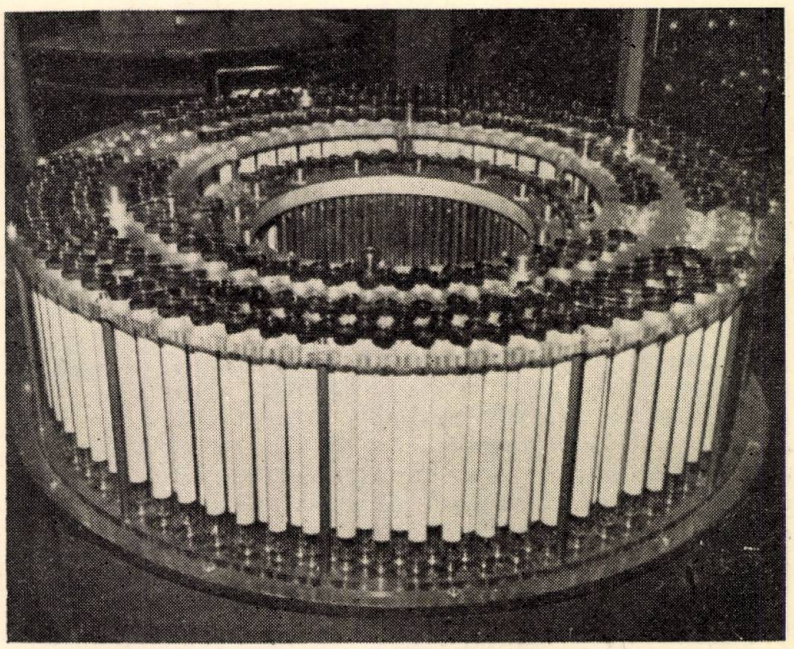


Fig. 12. Hodoscopul folosit de I. M. VASILEVSKI şi V. V. VIŞNIAKOV la studiul distribuției unghiulare în difuzia elastică a π — mezonilor pe protoni.

680 MeV. În prezent la același accelerator grupul format de I. M. VASILEVSKI, V. V. VIŞNIAKOV, E. ILIESCU, sub conducerea candidatului în

ştiinţele fizico-matematice A. A. TIAPKIN folosesc un hodoscop cu 620 canale pentru studiul tensorului corelaţiei de spin în difuzia elastică proton-proton la energii de 320—660 MeV. Deoarece mărimea respectivă se măsoară într-o difuzie triplă proton-proton, fasciculul de protoni trebuie să fie foarte intens şi deci măsurătorile trebuie realizate în condiţii de fond foarte grele. Pentru aceasta timpul de rezoluţie a hodoscopului trebuie redus la minimum. Însă timpul de rezoluţie este proporţional cu timpul de întîrziere necesar formării impulsului în sistemul contorilor de comandă, deci pînă la urmă problema constă în reducerea acestui timp de întîrziere. În acest scop a fost realizat un sistem de comandă conţinînd şase contori cu scintilaţie, patru fiind legaţi în coincidenţă iar doi în anticoincidenţă, dînd un impuls la ieşire cu o întîrziere maximă de 90 mμs.

Una din problemele ce se pun în cazul sistemelor hodoscopice folosite în experienţe cu acceleratoare de particule, este problema îmbunătăţirii rezoluţiei spaţiale a sistemelor hodoscopice. Puterea de rezoluţie spaţială poate fi mărită prin folosirea contorilor cu diametru mic. Însă folosirea contorilor cu diametru mic este însoţită de scăderea eficacităţii de înregistrare, din cauza reducerii timpului T_r. Problema a fost rezolvată prin alegerea unui amestec de gaze care permite înregistrarea cu o eficacitate ridicată a particulelor în contori cu diametrul mic.

Hodoscopul alimentat în impulsuri s-a dovedit a fi un instrument foarte preţios în studiul fenomenelor rare în condiţii de fond foarte grele.

Probleme de măsură a cîmpului magnetic în ciclotroane

Dacă s-ar putea face accelerarea ionilor în fază cu mersul particulelor într-un ciclotron chiar la viteze foarte mari (relativiste) s-ar putea obţine particule cu energii foarte înalte, cu o tensiune de accelerare relativ mică.

Păstrarea unei faze corecte (sincronizarea), nu ar constitui o greutate chiar la viteze relativiste dacă ar fi posibil ca cîmpul magnetic să crească pe direcţia radială, care se ştie că dă stabilitatea orbitei; acest lucru nu este posibil deoarece un asemenea cîmp defocalizează fasciculul şi după cîteva cicluri toţi ionii cad pe pereţii duanţilor.

L. H. THOMAS a demonstrat că dacă se ia un cîmp magnetic a cărui distribuţie spaţială radială variază periodic cu azimutul — fiind cînd crescătoare cu raza cînd descrescătoare — se poate obţine o focalizare forţată, deşi în medie intensitatea cîmpului magnetic va fi crescătoare de-a lungul razei, ceea ce este necesar pentru ca particulele să rămînă în fază cu variaţia tensiunii de accelerare.

Determinăm forma cîmpului magnetic de-a lungul razei $H(r)$ din condiţia de sincronizare a ionilor:

$$T = K \frac{\varepsilon_x}{H_x}$$

unde K este o constantă; T perioada de rotaţie a ionilor cu o energie ε_x, în cîmpul H_x.

Astfel condiţia de sincronizare cere ca perioada de rotire a ionilor să fie tot timpul constantă, $T = \text{const.}$ şi aceasta se produce dacă raportul $\varepsilon_x/H_x = \text{const.}$ în orice punct x al traiectoriei. Se poate scrie:

$$H(r) = H_0 \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

unde H_0 şi ε_0 sînt cîmpul şi energia ionilor în centrul maşinii.

Dezvoltînd în serie raportul $\varepsilon/\varepsilon_0$:

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{1}{\sqrt{1-B^2}} = 1 + \frac{1}{2}B^2 + \frac{1}{2}\frac{3}{4}B^4 + \dots$$

(neglijăm membrii seriei mai mari de gradul doi):

$$B = \frac{V}{C} = \frac{1}{C}\frac{2\pi r}{T_g}$$

în care T_g este perioada generatorului de înaltă frecvenţă. Deci:

$$H(r) \simeq H_0\left(1 + \frac{2\pi^2}{c^2 T_g} r^2\right). \qquad (A)$$

Dacă cîmpul magnetic depinde de rază conform formulei (A), atunci perioada de rotire a ionilor este aproximativ constantă şi asigură în aceeaşi măsură sincronizarea. Un asemenea cîmp magnetic, defocalizează fasciculul.

Presupunem acum cîmpul magnetic cu o distribuţie radială, variind periodic cu azimutul, deci fără simetrie axială şi în aşa fel încît asupra fasciculului de particule periodic acţionează forţe de focalizare. Pentru ca perioada T să fie tot timpul constantă, este necesar ca valoarea medie pe traiectorie a intensităţii cîmpului magnetic H să satisfacă aceeaşi formulă (A).

Thomas a propus următoarea formă a cîmpului magnetic:

$$H(r, \varphi) = H_0(1 + Ar \cos n\varphi + Br^2)$$

în care A şi B sînt constante iar n este un număr întreg mai mare decît 3:

$$H(r,\varphi) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} H(r\varphi)\, d\varphi = H(r)$$

dacă:

$$B = \frac{2\pi^2}{c^2 T_g}.$$

Ideea lui Thomas a fost dezvoltată de fizicienii sovietici şi practic realizată. În ianuarie 1959, în sectorul de acceleratori al IUCN a fost pus în funcţiune un model de ciclotron cu variaţie spaţială a cîmpului magnetic. În această

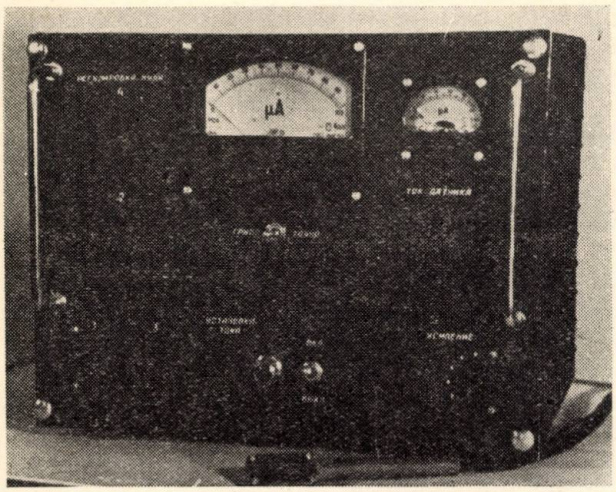


Fig. 13. Magnetometru realizat la IUCN bazat pe efect Hall.

maşină s-a realizat $n = 6$, iar liniile de intensitate maximă ale cîmpului magnetic sînt aşezate de-a lungul spiralei lui Arhimede.

Succesele în dezvoltarea acceleratorilor cu variaţie spaţială a intensităţii cîmpului magnetic depind foarte mult de exactitatea cu care se execută măsurătorile cîmpului magnetic.

În problema măsurătorilor cîmpului magnetic lucrează la IUCN, ing. GR. ALEXANDRU.

Pentru măsurarea cîmpului magnetic cu intensităţi mai mari de 2 000 Oe se întrebuinţează cu succes, magnetometrul bazat pe principiul rezonanţei nucleare. În gama cîmpurilor slabe, de la 1 Oe pînă la 150—200 Oe, este utilizată rezonanţa electronică.

Măsurarea în gama 200 Oe şi 2 000 Oe constituie o greutate care trebuia cît mai repede rezolvată, deoarece în această gamă se proiectează o serie de modele de acceleratori cu variaţie spaţială a cîmpului, de tip inelar.

După o serie de experienţe în sectorul de acceleratori, s-a ajuns la concluzia că în gama 200 Oe şi 2 000 Oe se pot face comod măsurători cu ajutorul magnetometrului bazat pe efectul Hall în germaniu de tipul „n" cu conductibilitatea de 1—3 Ωcm (constanta lui Hall a acestui tip de germaniu, depinde foarte slab de temperatură în gama 20°—30°C).

În fig. 13 este dată fotografia magnetometrului bazat pe efect Hall executat în sectorul de acceleratori al IUCN, iar în fig. 14 schema electronică a magnetometrului.

Cu acest magnetometru se pot măsura:
—mărimea absolută a intensităţii cîmpului magnetic de la 0,05 Oe pînă la 3 000 Oe cu o exactitate de 1%;
—diferenţa intensităţii cîmpului magnetic (măsuri relative) cu o exactitate de 1—2%.

Dimensiunile cristalului care se introduce la locul de măsură sînt: 2,0 × 1,7 × 0,6 mm

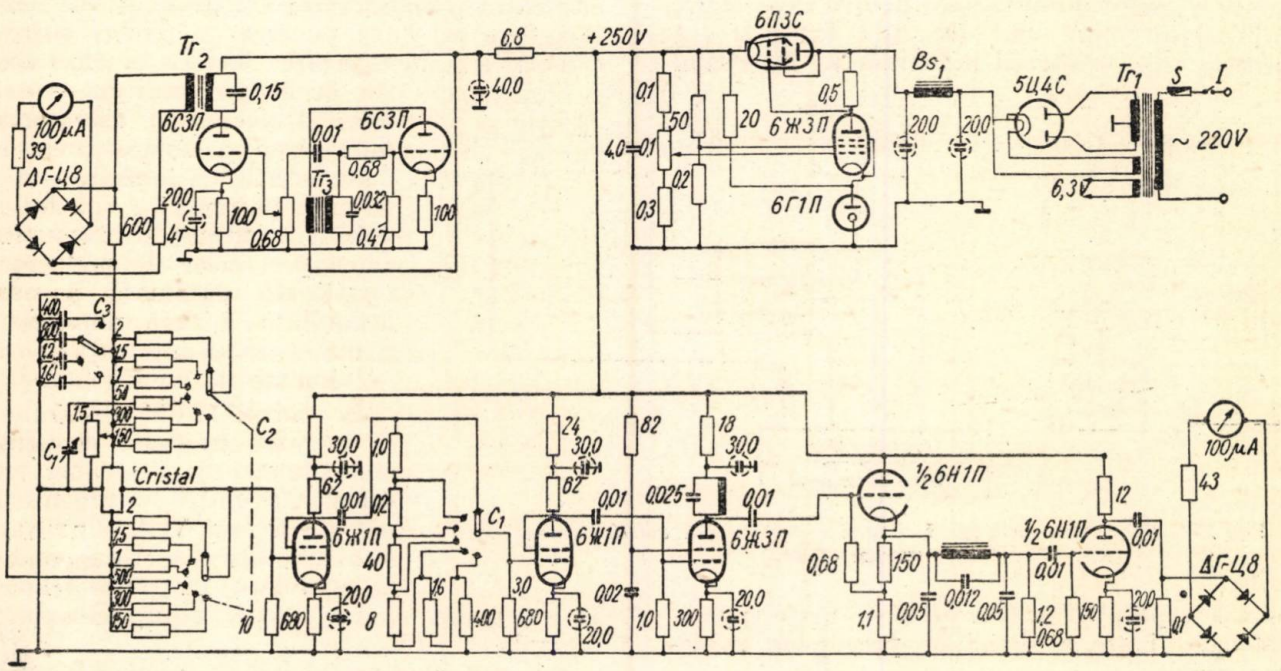


Fig. 14. Schema electronică a magnetometrului.

ceea ce permite măsurarea cu exactitatea menţionată mai sus, de cîmpuri magnetice cu un gradient de pînă la 10%, ceea ce satisface cerinţele maşinilor cu variaţie spaţială a cîmpului.

Curentul de excitare a cristalului are o frecvenţă de 2 500 Hz cu o amplitudine de 4 mA. Semnalul este amplificat de un amplificator de bandă îngustă acordat pe 2 500 Hz (fig. 10).

Automatizarea citirii plăcilor nucleare

Una din metodele fundamentale de cercetare a proceselor nucleare este metoda emulsiilor nucleare. Emulsia nucleară este iradiată cu fasciculul de particule de studiat. Particulele elementare încărcate electric ionizează mediul de-a lungul drumului parcurs; procesul de revelare şi fixare duce la înregistrarea acestor urme sub forma unui şir de particule coloidale de argint. Structura acestui şir (distribuţia particulelor a intervalelor dintre ele, oscilaţiile traiectoriei etc.) dă informaţii preţioase asupra naturii şi energiei particulei respective. În drumul lor prin emulsie unele particule se ciocnesc cu nucleele din mediul emulsiei dînd naştere la diferite reacţii, aşa numitele evenimente : din ciocnirea unei particule elementare cu un nucleu din emulsie pot lua naştere o serie întreagă de particule pornind în diferite direcţii ; se formează astfel o „stea". Studiul razelor „stelei" duce la stabilirea procesului care a avut loc şi care caracterizează particulele respective.

Metoda emulsiilor fotografice se caracterizează printr-o mare veridicitate a datelor obţinute, prin dimensiuni mici şi mare simplicitate a aparatajului necesar pentru experienţe, prin timp mort nul (emulsia înregistrează procese care se succed indiferent de intervalul

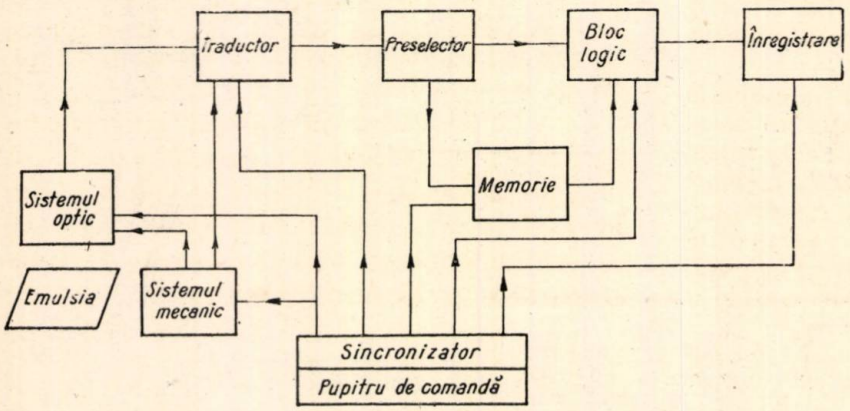


Fig. 15. Schema bloc principială a unui aparat pentru automatizarea găsirii evenimentelor.

care le separă) şi în fine printr-o mare capacitate de fixare a detaliilor proceselor nucleare rapide.

Lipsa principală a acestei metode este prelucrarea înceată şi migăloasă a urmelor, care se face la microscop. Într-adevăr emulsia developată şi uscată reprezintă un mediu relativ transparent (gelatină), particulele coloidale de argint din urme avînd forma unor sfere deformate cu un diametru mediu de 0,5 microni, şi cu o distanţă medie între particule variind între 5 microni şi deplină sudare.

Ţinînd seama de faptul că dimensiunile medii ale unei plăci nucleare curent întrebuinţate sînt de circa 200 cm^2 suprafaţă şi de circa 200 microni grosime (după uscare), iar viteza maximă de prelucrare la microscop a unui om, înţelegînd prin prelucrare găsirea evenimentelor şi sortarea lor prealabilă cu notarea într-un caiet, este de circa 1 cm^3 pe lună, rezultă că o placă cere o prelucrare prealabilă de circa patru luni ! Iar la sincrofazotronul IUCN, din Dubna pot fi iradiate cîteva zeci de plăci pe oră.

Prin urmare fizicianul este pus în faţa situaţiei de a avea în plăcile fotografice o cantitate imensă de informaţie nedescifrată, iar citirea ei cere un efort important şi un personal numeros care este supus la o muncă plictisitoare . Se impune prin urmare mecanizarea şi automatizarea proceselor de prelucrare a datelor din emulsiile fotografice.

Problema mecanizării şi automatizării a devenit acută de abia în ultimii 3—4 ani şi se află, deci încă la început. În prezent nu există încă nici o lucrare de fizică despre care să se spună că a fost făcută cu ajutorul unui astfel de aparat. În toate laboratoarele se fac cercetări intense , se încearcă diferite soluţii. Cercetările se îndreaptă în două mari direcţii : mecanizarea diferitelor procese de măsurare cu menţinerea observatorului (înregistrarea coordonatelor x, y, z ; punerea la punct, citirea, calcularea şi înregistrarea datelor în măsurătorile de difuzie multiplă — oscilaţiile traiectoriei ; măsurarea, numărarea şi înregistrarea în măsurătorile de ionizare — distribuţia particulelor şi a intervalelor în urmă) şi automatizarea proceselor de prelucrare (urmărirea automată a unei urme date ; găsirea, numărarea şi înregistrarea automată a unor evenimente de un tip dat).

În cadrul IUCN din Dubna se lucrează în toate direcţiile amintite mai sus. Problema automatizării găsirii evenimentelor iniţiată de prof. V. A. PETUHOV este elaborată de sectorul condus de candidatul în ştiinţe tehnice E. KATZ, din cadrul secţiei ştiinţifice-experimentale a LEI.

Schema bloc principială a unui asemenea aparat — indiferent de soluţiile concrete alese — este arătată în fig. 15. Sistemul mecanic al aparatului — proiectat de către ing. T. PĂCURARU — asigură mişcarea automată a mesei în planul x, y, rotirile necesare, cum şi mişcarea obiectivului sistemului optic în direcţia z, legăturile mecanice

şi electromecanice cu restul blocurilor. Sistemul optic împreună cu traductorul asigură obţinerea unui semnal electric corespunzător unei particule coloidale de argint sau a unui grup de particule formînd un fragment de urmă. Cercetarea emulsiei are loc cu un baleiaj în planul x, y cu adîncimea de focalizare Δz şi cu deplasare continuă pe z. Deplasarea în planul x, y se face în trepte. În prezent au fost analizate posibilităţile şi cercetate experimental soluţiile cu traductor cameră de televiziune -vidicon, supericonoscop, superorticon — sau cu sursă luminoasă proiectată în emulsie — sursa luminoasă fiind fie spotul de pe ecranul unui tub oscilografic special, fie arcul unei lămpi de mare intensitate luminoasă proiectat sub formă de rastru de un sistem optico-mecanic. Problemele principale ridicate de traductori sînt raportul semnal: zgomot şi cîmpul maxim cu redarea suficient de fidelă a coordonatelor.

Blocul preselector are menirea de a efectua o selecţionare prealabilă a semnalului. Într-adevăr emulsia este un mediu relativ puţin omogen. În afara semnalelor „utile" provenite de la urmele fasciculului iradiant şi de la „razele stelelor" în semnalul de la ieşirea traductorului sînt cuprinse şi o mulţime de alte semnale, datorite în principal voalului, diferitelor impurităţi din emulsie, urmelor care nu fac parte din fascicul etc., numite cu un cuvînt fondul emulsiei. Cercetările sistematice ale semnalului au arătat posibilitatea distingerii semnalelor „utile" de cele ale fondului, după durata impulsurilor respective şi după ordinea lor de succesiune. În prezent are loc încercarea unei variante a blocului de preselecţie. Fără un astfel de bloc de preselecţie atît „memoria" cît şi „blocul logic" ar fi copleşite de cantitatea de informaţie care ar trebui s-o mînuiască.

Blocul logic, primind atît informaţia curentă de la preselector cît şi cea în prealabil înmagazinată în memorie, eventual şi anumite comenzi de la sincronizator sau din memorie, trebuie să stabilească mai întîi că structura semnalului indică prezenţa unei urme făcînd parte din fasciculul primar şi în al doilea rînd că această urmă s-a frînt dînd naştere unei „stele", prin urmare că a avut loc un eveniment. Eventual, în al treilea rînd blocul clasifică evenimentul după numărul, structura şi distribuţia razelor.

Memoria ridică două probleme : a vitezei de scriere şi de citire a datelor şi a volumului ei. Memoria se alege în funcţie de traductor, preselector şi de schema logică aleasă. În prezent sînt considerate şi în curs de experimentare diferite soluţii cu linii de întîrziere, cu tuburi speciale, cu cilindri magnetici, cu ferite.

Prima operaţie a blocului logic este recunoaşterea urmei ca atare. Observatorul antrenat aplică în esenţă trei criterii majore pentru recunoaşterea unei urme : forma ; structura particulelor ; „dispariţia" gradată a capetelor cînd se variază poziţia de focalizare a microscopului. Automatul are drept criteriu principal forma : obiectele care nu sînt prea lungi într-o direcţie dată şi nici prea scurte în direcţia perpendiculară. Criteriile „scurt", „lung", „direcţie" sînt date în funcţie de fascicul şi de problema care urmează să fie rezolvată. În prezent, în diferite laboratoare există instrumente care numără urmele, adică o dată recunoscută urma o înregistrează ca atare. Pentru aparatele aflate în elaborare la Dubna, acesta este doar primul pas, pasul următor fiind stabilirea faptului că urma face parte din fasciculul dat şi că în plus ea s-a „frînt" dînd naştere unei „stele". Evident că blocul logic şi memoria unui astfel de aparat sînt mult mai complexe decît ale numărătorului de urme. Sistemele logice aflate în studiu se bazează pe circuite de coincidenţă şi anticoincidenţă pe de o parte, pe regruparea coordonată a datelor din memorie pe de alta. Funcţionarea întregului aparat este coordonată de blocul de sincronizare ; operatorul poate interveni prin intermediul pupitrului de comandă.

Cercetările făcute pînă în prezent şi experienţa acumulată au permis trecerea la executarea unei prime variante a aparatului, care va intra în verificare la începutul anului viitor. În paralel se continuă intens studiul celorlalte variante şi machetarea blocurilor cheie.

MIRCEA ONCESCU şi PETRE ŞANDRU *)

Folosirea izotopilor radioactivi în ţara noastră

CZ 621.039.8(R)

Din momentul în care omul a avut posibilitatea producerii izotopilor radioactivi — în principal cu ajutorul reactorilor nucleari — el a căutat să tragă cît mai multe foloase prin aplicarea lor în ştiinţă şi tehnică. Dezvoltarea extraordinar de rapidă a metodelor care folosesc izotopii radioactivi artificiali se datoreşte cunoaşterii proprietăţilor lor din studiul radioactivităţii naturale.

Dar, pe cînd izotopii radioactivi naturali aparţineau numai elementelor de la sfîrşitul tabelului periodic al elementelor, izotopii radioactivi artificiali aparţin tuturor elementelor. Astăzi se cunoaşte cel puţin cîte un izotop radioactiv de fiecare element şi se cunosc peste 1 000 specii izotopice. Pe de altă parte, domeniul larg de variaţie al duratei de înjumătăţire — de la fracţiuni de microsecundă pînă la milioane de ani — şi diferitele valori ale energiilor cu care sînt emise radiaţiile din nucleele care se dezintegrează au dus la o varietate impresionantă de metode cu izotopi radioactivi. Astăzi nu putem concepe, nu numai progresul ştiinţei şi tehnicii, dar nici măcar menţinerea la nivelul actual al acestora, fără nepreţuitul ajutor al metodelor cu izotopi radioactivi.

Importanţa esenţială a aplicaţiilor izotopilor radioactivi constă în aceea că radioizotopii pot fi utilizaţi la tratarea unor probleme de producţie sau cercetare care pe alte căi nu pot fi rezolvate de loc sau foarte greu. În plus, metodele de lucru care intervin în aceste aplicaţii, sînt totdeauna simple şi în afară de aceasta, puţin costisitoare. Datorită acestor caracteristici, aplicaţiile radioizotopilor au tins şi tind încă să se împrăştie pe o scară din ce în ce mai largă în lumea întreagă, acoperind domenii din ce în ce mai variate. În sprijinul acestei afirmaţii se poate spune că la o conferinţă internaţională recentă, Uniunea Sovietică a arătat că numai în cursul anului 1957 s-au putut face acolo, prin utilizarea radioizotopilor în industrie, economii care au depăşit suma de un miliard de ruble. Această sumă arată importanţa economică a acestor aplicaţii.

În această situaţie ţara noastră nu putea rămîne departe de folosirea noilor metode cu izotopi radioactivi. Marile avantaje ale acestor metode s-au impus atît oamenilor noştri de ştiinţă cît şi tehnicienilor noştri. Ceva mai mult, atît unii cît şi ceilalţi au împins mai departe tehnica folosirii izotopilor radioactivi încît a doua Conferinţă internaţională pentru aplicaţiile paşnice ale energiei atomice care s-a ţinut la Geneva în anul 1958, a putut audia contribuţiile originale ale unor oameni de ştiinţă şi tehnicieni romîni în domeniul folosirii izotopilor radioactivi.

Pentru a trece în revistă aplicaţiile radioizotopilor în ţara noastră, le vom împărţi aşa cum se face de obicei, în două mari grupe; este vorba de folosirea radioizotopilor ca trasori şi de folosirea radioizotopilor ca surse de radiaţii.

Metoda trasorilor constă, în linii generale, în încorporarea în substanţa respectivă a unor urme foarte slabe dintr-un corp de aceeaşi natură, dar radioactivat. Modul în care circulă într-un proces de fabricaţie produsul întreg, poate fi atunci urmărit cu ajutorul radiaţiilor emise de atomii radioactivi. În acest fel controlul procesului de fabricaţie se poate face continuu şi de la distanţă.

Metoda trasorilor radioactivi a fost folosită pentru controlul proceselor de foraj şi extracţie în industria noastră petroliferă. Iată cîteva aplicaţii:

1. Controlul cimentării coloanelor de exploatare. Prin injectarea în coloană a unei soluţii marcate cu iod 131 sau zinc 65, aceasta pătrunde în regiunile neetanş închise prin cimentare. Apoi prin efectuarea carotajului gamma, se pune în evidenţă prezenţa trasorilor radioactivi în zona necimentată, în care a pătruns soluţia marcată.

2. Punerea în evidenţă a zonelor în care se pierde noroiul. La forarea găurilor de sondă noroiul care spală gaura poate fi pierdut în zone constituite din straturi permeabile. Pentru aceasta s-a trimis în gaura de sondă noroi marcat cu iod 131 sau zinc 65. Adunarea noroiului marcat în straturile permeabile a fost pusă în evidenţă prin carotajul gamma efectuat ulterior.

3. Determinarea fisurilor hidraulice. Operaţia de fisurare hidraulică a straturilor productive trebuie controlată în sensul că pot apare fisuri şi în straturile neproductive care conduc la pierderea presiunii în coloană. Pentru aceasta se injectează gel împreună cu nisip marcat. Nisipul se fixează în fisuri şi creşterea radioactivităţii, determinată prin carotajul gamma, arată locul unde există fisurile.

4. Determinarea limitei apă-ţiţei cu naftenatul de sodiu-24. Naftenatul de sodiu injectat în gaura de sondă saponifică cu apa, formînd o peliculă care nu permite amestecul acestei substanţe cu apa, pe cînd în ţiţei naftenatul poate pătrunde uşor. În acest fel stratul de ţiţei acumulează sodiul radioactiv iar carotajul gamma permite situarea exactă a straturilor cu ţiţei faţă de cele cu apă.

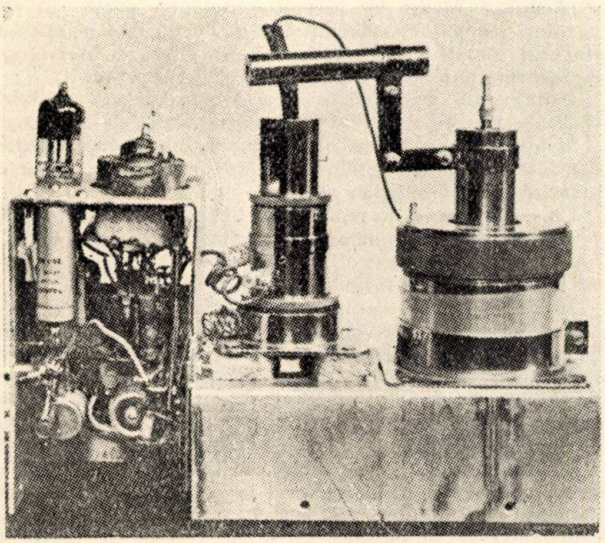
Aceste operaţii au fost repetate de zeci de ori la sondele petrolifere din ţara noastră.

Tot cu ajutorul trasorilor radioactivi s-a studiat şi se studiază uzura sculelor sau a altor

*) M. ONCESCU este şef de colectiv, iar P. ŞANDRU este fizico-chimist principal la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

dispozitive. Marcînd metalele din care acestea sînt făcute şi urmărind radioactivitatea lor în timp se poate studia procesul de uzură. Aceste studii sînt de mare folos în industria constructoare de maşini.

După cum am spus în al doilea grup intră metodele care folosesc radioizotopii ca surse de radiaţii. Aici intră, în primul rînd, o serie de operaţii de control al producţiei cum sînt măsurarea grosimilor, a nivelelor fluidelor în recipiente şi a debitelor fluidelor prin conducte. O bună parte dintre acestea sînt încă la noi în stadiul de experimentare dar printre cele rezolvate putem cita determinarea nivelului maxim şi minim al sticlei topite în cuptoarele fabricilor de sticlărie. Aceste instalaţii de control al producţiei vor permite automatizarea proceselor de producţie respective.



Cameră de ionizare cu condensator vibrant şi preamplificator electronic pentru instalaţia de măsurare a grosimilor de laminate cu izotopi radioactivi

Lăsînd la o parte metodele care folosesc radiaţiile izotopilor radioactivi naturali cum sînt carotajul radioactiv şi prospectarea potasiului cu ajutorul izotopului potasiu 40, metode foarte răspîndite în ţara noastră, vom insista asupra carotajului neutronic. Cu ajutorul unei surse de neutroni, constituită dintr-un radioizotop (radiu sau poloniu) şi beriliu, se iradiază cu neutroni straturile subterane. Neutronii care sînt împrăştiaţi înapoi de nucleele acestor straturi sînt detectaţi cu un contor de neutroni. Proprietatea diferită de împrăştiere a neutronilor pune în evidenţă structura diferitelor straturi.

Un alt sector important de aplicaţii al radioizotopilor îl constituie radiografia industrială. Defectoscoapele cu radiaţii gamma au permis să se atingă o siguranţă extraordinară în tehnica sudurii metalelor şi să se micşoreze enorm cantitatea de rebuturi la prelucrarea metalelor din cauza suflurilor şi a altor defecte interne care pot fi descoperite în modul cel mai simplu cu această metodă înainte de a începe prelucrarea materialului. Defectoscopia gamma se foloseşte în şantierele noastre navale, în industria constructoare de maşini, în trusturile de montaje energetice şi în trusturi pentru construirea conductelor magistrale.

Am citat mai sus numai aplicaţiile mai importante ale radioizotopilor din ţara noastră. Toate aceste aplicaţii ca şi cele care sînt acum în stadiul de experimentare au cerut şi cer pe de o parte personal cu o pregătire corespunzătoare, iar pe de altă parte investiţii pentru pregătirea bazei materiale. Pregătirea necesară lucrului cu radioizotopi a fost făcută cu ajutorul cursurilor pentru utilizarea izotopilor radioactivi organizate de Institutul de Fizică Atomică. Aceste cursuri se ţin cu două serii anuale, o serie întinzîndu-se pe 12 săptămîni. Ele au fost urmate pînă acum de 180 ingineri chimişti, medici şi biologi cu scoatere din producţie.

În ceea ce priveşte baza materială, aceasta se referă atît la amenajările laboratoarelor respective cît şi la procurarea aparatelor electronice de numărare, a detectorilor de radiaţii cît şi a izotopilor radioactivi. În ceea ce priveşte aparatura şi detectorii de radiaţii, Institutul de Fizică Atomică a început să joace un rol din ce în ce mai mare. Peste o sută de aparate de numărare şi mai multe sute de detectori au fost livraţi întreprinderilor şi instituţiilor care lucrează cu izotopi radioactivi. Pe viitor planul prevede creşterea acestei producţii. Cu privire la procurarea izotopilor radioactivi, reactorul nuclear furnizat ţării noastre de Uniunea Sovietică a putut acoperi o parte din aceste nevoi iar pe viitor are rolul de a satisface din ce în ce mai mult cerinţele de radioizotopi ale unităţilor nucleare din ţara noastră.

Zece ani de activitate ASIT în slujba construirii socialismului

CZ 62 :061.25.051 ; 338(R)02

Sub conducerea clasei muncitoare, în frunte cu detașamentul său de avangardă — Partidul Muncitoresc Romîn — țara noastră a devenit în anii puterii populare un stat industrial-agrar în plină dezvoltare, înzestrat cu o tehnică a producției înaintată, al cărui nivel se ridică continuu în toate ramurile economiei naționale.

Oamenii muncii din țara noastră, în trecut asupriți și exploatați de către capitaliștii și moșierii autohtoni și de către monopoliștii de peste hotare, au devenit stăpînii țării și ai bogățiilor ei, stăpînii propriei lor vieți, și luptă cu dragoste și avînt pentru construirea noii orînduiri. Rezultatele acestei lupte sînt din ce în ce mai măreț, mai evidente.

Au fost create și dezvoltate numeroase ramuri ale industriei și în primul rînd industria constructoare de mașini, care determină în mod esențial ritmul și proporțiile progresului tehnic în ansamblul economiei naționale. Noile orașe apărute pe harta țării, hidrocentralele și termocentralele ridicate în ultimii ani, nenumăratele întreprinderi industriale din toate ramurile de producție reprezintă tot atîtea victorii în aplicarea de către partid a politicii leniniste de industrializare a țării. În prezent, producția industriei noastre constructoare de mașini este de 7,5 ori mai mare decît cea realizată în 1938, iar producția industriei chimice va depăși, la sfîrșitul anului, de zece ori nivelul din 1938. Producția globală industrială a țării a depășit de patru ori pe cea din 1938. Productivitatea muncii, factor fundamental pentru victoria noii orînduiri socialiste, a crescut în perioada 1950—1958 cu 86%.

Țărănimea muncitoare, îndrumată de partid, participă activ la opera de construire a vieții noi la sate, îndreptîndu-se tot mai hotărît spre formele socialiste de muncă, astfel încît sarcina trasată de Congresul al II-lea al Partidului, de a se asigura rolul precumpănitor al sectorului socialist în agricultură, atît ca suprafață cît și ca producție agricolă-marfă, se realizează cu succes. Alianța dintre clasa muncitoare și țărănimea muncitoare — temelia regimului democrat-popular — se întărește și mai mult prin aplicarea recentului Decret al Prezidiului Marii Adunări Naționale cu privire la lichidarea rămășițelor oricăror forme de exploatare a omului de către om în agricultură.

Munca intelectuală se bucură în țara noastră de un sprijin puternic și de o prețuire înaltă din partea partidului și a întregului popor și aduce o contribuție rodnică la înflorirea culturii și artei. Intelectualitatea noastră își leagă tot mai strîns activitatea creatoare de cerințele construirii socialismului, sprijinind cu hotărîre politica Partidului Muncitoresc Romîn. Ea își dovedește prin fapte atașamentul și dragostea nețărmurită față de regimul democrat-popular.

În anii puterii populare au fost deschise larg căile spre cultură tuturor oamenilor muncii. Hotărîrea partidului și guvernului privind îmbunătățirea învățămîntului seral și fără frecvență în școli și facultăți creează noi posibilități ca oamenii muncii și fiii acestora să-și poată îmbogăți mereu nivelul lor de cunoștințe, pentru ca din rîndurile clasei muncitoare să se ridice zi de zi noi intelectuali, noi cadre de tehnicieni devotați intereselor poporului și cauzei socialismului.

Regimul democrat popular a descătușat pe deplin energia și inițiativa oamenilor muncii eliberați de exploatare. Numai în condițiile puterii populare, talentul și capacitatea de muncă și de creație ale oamenilor de știință și cultură, ale inginerilor și tehnicienilor au căpătat posibilitatea unei dezvoltări libere în folosul poporului muncitor.

Condițiile create de regimul de democrație populară au permis ca ideile îndrăznețe ale multor ingineri și tehnicieni de seamă, al căror talent ar fi rămas în trecut nefolosit, să poată fi traduse în viață, făcînd cunoscute succesele activității noastre științifice și tehnico-inginerești pînă departe, dincolo de hotarele țării.

Asemenea succese de valoare mondială sînt lucrări ale acad. G. Macovei, acad. Al. Codarcea, Dumitru Ștefănescu, în domeniul geologiei, mineralogiei și petrolului, ale acad. Traian Săvulescu și acad. Gh. Ionescu-Sișești. De asemenea acad. dr. ing. C. Nenițescu și colectivul său au realizat numeroase și remarcabile lucrări în industria chimică de sinteză organică, acad. Horia Hulubei în problemele fizicii nucleare, acad. Elie Carafoli în domeniul aerodinamicii.

În ultimii ani, inginerii și tehnicienii din țara noastră au realizat numeroase lucrări științifice și tehnice deosebit de valoroase. Printre acestea pot fi amintite : obținerea clorurii de vinil monomer și polimer — de către colectivul ing. Mihail Raul și dr. chimist Valeriu Vîntu ; proiectarea și realizarea mașinilor agregat la Uzinele Steagul Roșu — de către un colectiv format din ing. Paul Deak și alții ; realizarea mașinii de echilibrare dinamică — de către ing. Dan Teodorescu ; prețioase lucrări în domeniul creării unor soiuri noi în pomicultură și floricultură — ale biologului Palocsay Rudolf. Un succes deosebit de interesant este de asemenea obținerea de către inginerii și tehnicienii noștri a cocsului metalurgic, din cărbuni socotiți pînă acum necocsificabili.

Asemenea succese obținute în știința și tehnica noastră sînt datorite politicii regimului nostru democrat-popular, prin aplicarea căreia s-au produs schimbări fundamentale în sînul intelectualității tehnice. Inginerii și tehnicienii nu mai lucrează astăzi pentru a crea profituri unor grupuri de exploatatori. Munca lor servește întregului popor. Ei sînt devotați regimului democrat popular, pentru că acesta este singurul care le oferă posibilități nelimitate de dezvoltare, de realizare practică a capacității și experienței lor.

O influență favorabilă în această transformare a intelectualității tehnice a avut și tradiția moștenită de la inginerii și tehnicienii din trecut care s-au distins în lupta pentru dezvoltarea tehnicii românești în condițiile grele create de aservirea ei capitaliștilor străini.

Un rol important în mobilizarea inginerilor și tehnicienilor pentru realizarea grandioaselor sarcini trasate de partid îl are Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor — ASIT, de la a cărei înființare se împlinesc zece ani.

În cursul acestui deceniu de activitate, ASIT, creație a inginerilor și tehnicienilor devotați cauzei construirii socialismului și însuflețiți de nemuritoarea ideologie marxist-leninistă, s-a dovedit a fi, sub îndrumarea și cu sprijinul partidului, un mobilizator eficace al eforturilor constructive depuse de cadrele noastre de ingineri și tehnicieni în slujba economiei socialiste și un exponent de seamă al intelectualității tehnice din țara noastră. Aniversarea din acest an este un prilej deosebit de trecere în revistă a felului în care inginerii și tehnicienii, grupați în jurul ASIT, și-au adus contribuția la înfăptuirea sarcinilor trasate de partid în domeniul economiei.

Asociațiile tehnico-inginerești au în țara noastră o veche tradiție. Asemenea asociații, care înmănunchiau eforturile inginerilor și tehnicienilor români pentru dezvoltarea industriei și agriculturii, au fost Societatea Politehnică — de la a cărei înființare au trecut aproape 80 de ani, Asociația Subinginerilor din Romînia — cea mai veche asociație de tehnicieni din țară, Asociația Generală a Inginerilor din Romînia — creată după primul război mondial, Societatea Progresul Silvic etc.

Naționalizarea principalelor mijloace de producție și trecerea la planificarea economiei, avînd drept consecință creșterea rolului social al inginerilor și tehnicienilor, au făcut necesară organizarea acestora pe baze noi.

* * *

Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor a unificat toate asociațiile profesionale de specialitate tehnico-inginerești din țară. În anul 1954 a fuzionat cu ASIT și Societatea Științelor Agricole „V. I. Miciurin", ASIT cuprinzînd astfel, pentru prima oară în istoria organizațiilor noastre tehnico-inginerești, toate cadrele tehnice din țara noastră.

Scopul Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor este promovarea pe toate căile a progresului tehnicii în țara noastră. Ea este asociația de specialitate a cadrelor tehnice și cuprinde organizatoric marea majoritate a inginerilor și tehnicienilor din fabrici și uzine, institute academice și de cercetări, învățămînt etc. Prin caracterul și componența ei, ASIT activează pe linia asigurării legăturilor dintre teorie și știință, pe de o parte, și practica producției bunurilor

materiale, tehnica, pe de altă parte. Sarcina de bază a Asociației este promovarea noului în tehnică, găsirea de noi și valoroase soluții tehnico-economice problemelor pe care le pune practica producției. Obiectivul primordial al Asociației este, în consecință, crearea unui puternic curent de opinie, a unei adevărate mișcări de masă în favoarea progresului tehnic, a aplicării celor mai moderne metode de producție.

Pe această linie preocupările esențiale ale Asociației sînt: ridicarea productivității muncii, îmbunătățirea calității produselor, scăderea prețului de cost — sarcini de onoare puse în fața oamenilor muncii din țara noastră de Congresul al II-lea al Partidului.

În vederea realizării acestor obiective, Asociația și-a orientat activitatea spre introducerea tehnicii noi, organizarea științifică a producției, îmbunătățirea pregătirii cadrelor tehnice, urmărind să obțină rezultate practice eficiente, nemijlocit aplicabile în producție.

Pentru introducerea tehnicii noi în întreprinderile noastre, ASIT a folosit mai ales calea dezbaterii problemelor producției în consfătuiri organizate de cercurile ASIT din întreprinderi, de comitetele filialelor cît și de Consiliul Central ASIT. Aceste consfătuiri reprezintă un aport de seamă la dezvoltarea activității tehnico-științifice în țara noastră, la formarea de legături trainice între oamenii de știință și producție și au avut o influență pozitivă asupra modului de a gîndi al cadrelor tehnice.

Deosebit de importantă este contribuția adusă de consfătuiri la cunoașterea metodelor înaintate ale tehnicii sovietice, factor determinant al succeselor obținute de inginerii și tehnicienii noștri.

Un rol de prim ordin în activitatea Asociației l-au avut sesiunile tehnico-științifice, la care au fost atrași cei mai buni specialiști, lărgindu-se astfel cercul celor care contribuie la rezolvarea problemelor producției cu mijloacele tehnicii noi.

Consfătuirile și mai ales sesiunile tehnico-științifice au dus la un rodnic schimb de opinii, una dintre cele mai importante metode de muncă în cadrul Asociației.

Asociația, prin Secția de specialitate Energetică și Electrotehnică a Consiliului Central, s-a preocupat de îmbunătățirea factorului de putere la întreprinderi, de normarea și reducerea consumurilor de energie electrică și de energie în general și astfel s-a reușit să se creeze o preocupare permanentă în rîndurile energeticienilor pentru studierea continuă a acestor probleme, obținîndu-se rezultate dintre cele mai bune. În numeroase filiale și cercuri s-au organizat studii privind gospodărirea energetică și în special a energiei electrice, stabilindu-se norme și măsuri pentru reducerea consumurilor de energie electrică.

În ceea ce privește justa utilizare a materiilor prime, au fost atacate în primul rînd problemele dezvoltării ramurilor industriei care au o puternică bază de materii prime, cum este industria chimică.

Asociația a obținut rezultate deosebite și în acțiunea sa pentru exploatarea optimă a utilajului existent în uzinele și fabricile noastre, pentru folosirea cît mai completă a capacității de producție a mașinilor și agregatelor. Ea luptă în continuare cu succes pentru modernizarea agregatelor și utilajelor și pentru adaptarea unor dispozitive care să îmbunătățească exploatarea.

Unul dintre cele mai importante mijloace de introducere a tehnicii noi fiind mecanizarea — factor esențial în continua ridicare a productivității muncii — ASIT a pus un accent deosebit pe intensificarea mecanizării, atît a principalelor procese de producție, cît și a acelor auxiliare, în special în ramurile caracterizate printr-un mare volum de muncă, preocupîndu-se în același timp și de extinderea micii mecanizări, care creează avantaje economice însemnate și asigură condițiile necesare unei producții ritmice. ASIT și-a adus contribuția și în problema introducerii treptate a automatizării, care este chemată să îndeplinească un rol din ce în ce mai important în planurile de perspectivă ale dezvoltării industriei noastre.

O sarcină dintre cele mai importante care revine Asociației este stimularea și sprijinirea muncii de inovație, cum și generalizarea inovațiilor, mijloc sigur de introducere a noului în tehnică. Prin colaborarea cercurilor ASIT cu cabinetele tehnice din întreprinderi și cu sindicatele, activitatea de inovații a fost îmbunătățită.

Punînd în practică indicațiile tovarășului Gh. Gheorghiu-Dej de la plenara din noiembrie 1958 a C.C. al P.M.R., Asociația noastră va pune și mai mult accentul pe sprijinirea inovatorilor, cei mai apropiați colaboratori ai corpului tehnic.

În munca sa pentru promovarea progresului tehnic, ASIT colaborează cu institutele de cercetări de toate categoriile, preluînd unele dintre rezultatele cercetărilor acestora și preocupîndu-se de introducerea lor în practică. Efectele acestei colaborări au fost dintre cele mai rodnice. Ele s-au resimțit, de exemplu, favorabil în probleme importante pentru economia națională, cum sînt: electrificarea rurală, protecția telecomunicațiilor, mărirea turațiilor la războaie, combaterea eroziunii solului și plantarea pe terenuri nisipoase etc.

Pe linia organizării științifice a producției industriale, Asociația s-a preocupat în primul rînd de obținerea unei înalte eficiențe economice a producției, avînd în această problemă sprijinul permanent al organizațiilor de partid și sindicale. Ea a luptat pentru organizarea optimă a tehnologiei în întreprinderi, pentru obținerea unor indici de producție, de productivitate, de calitate și de preț de cost dintre cei mai favorabili.

ASIT a înregistrat succese și pe linia perfecționării producției, prin asistența tehnică dată întreprinderilor pentru a învinge unele dificultăți specifice. Numeroase colective formate din cei mai competenți specialiști au vizitat în amănunt întreprinderile, analizînd situația organizării producției și recomandînd soluții a căror aplicare a dat bune rezultate. De asemenea, filialele și secțiile de specialitate au adus o contribuție valoroasă la introducerea procedeelor tehnologice corecte, la o mai bună folosire a agregatelor, la asigurarea unei aprovizionări tehnico-materiale ritmice. Ele au sprijinit cu eficacitate industria locală și gospodăria comunală.

Asociația și-a adus contribuția la dezvoltarea și consolidarea sectorului socialist în agricultură, preocupîndu-se de realizarea unei mecanizări complexe a proceselor de producție, de obținerea de îngrășăminte chimice în vederea sporirii fertilității solului și a productivității la hectar.

O altă sarcină de bază a ASIT este buna pregătire a cadrelor tehnice ale patriei noastre, asigurarea înaltului nivel științific și tehnic al acestora, necesar operei de construire a socialismului, de introducere în practică a celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii sovietice mondiale.

În vederea realizării acestui scop, Asociația a dat o atenție mereu crescîndă documentării cît mai complete a inginerilor și tehnicienilor asupra celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii, din țară și din străinătate, sprijinindu-i astfel în găsirea celor mai economice soluții de proiectare în diversele ramuri ale economiei.

O preocupare de seamă a Asociației o constituie elaborarea publicațiilor ASIT, care reprezintă o formă largă de antrenare, în activitatea științifică și de organizare a producției, a unui mare număr de cadre tehnice. Ea a activat cu perseverență pentru mărirea continuă a numărului acestor publicații și pentru neîntrerupta lor îmbunătățire calitativă, acordînd o atenție deosebită justei lor orientări politico-ideologice și dezbaterii în paginile lor a celor mai actuale preocupări în practica industrială și a introducerii tehnicii noi în R.P.R. Astăzi în cadrul ASIT se elaborează, în colaborare cu ministerele de resort, 18 reviste tehnice și o gazetă săptămînală.

O operă de mare amploare a Asociației este Lexiconul Tehnic Romîn, lucrare distinsă cu Premiul de Stat cl. I. O nouă elaborare a acestei opere este în curs. Pînă în prezent au apărut volumele I—V ale acestei enciclopedii tehnice.

Un alt mijloc eficient folosit pentru îmbunătățirea pregătirii cadrelor tehnice a fost organizarea de către ASIT a unor cursuri de specializare. Astfel în anul 1957—1958 au fost organizate cursuri de mecanizare și automatizare complexă, avînd scopul de a forma primele cadre de ingineri specializați în probleme de automatică. Cursurile au fost completate cu lucrări de laborator și cu proiecte. Asemenea cursuri de automatizare au fost organizate și de unele filiale regionale (Ploești).

În aceeași perioadă de timp s-a organizat de către ASIT un curs pentru inginerii constructori de pe șantiere, privind organizarea lucrărilor și procedee noi în construcții, cum și prefabricatele de beton armat și de beton precomprimat.

Au fost, de asemenea, organizate cursuri de tehnologia maselor plastice, pentru cadrele tehnice ce vor lucra în marile combinate chimice.

Pornind de la concepţia că tehnica nouă nu reclamă numai ingineri buni, ci şi muncitori, maiştri şi tehnicieni bine calificaţi, conştienţi de rolul lor în producţie, ASIT va organiza, pentru pregătirea temeinică a acestora, cursuri cu caracter tehnico-economic. De asemenea, Asociaţia îşi propune să organizeze, în colaborare cu C.S.P., cursuri pentru muncitorii din industrie şi agricultură.

Pentru întregirea orizontului tehnic al membrilor săi, ca şi pentru popularizarea peste hotare a realizărilor noastre tehnice, ASIT participă la numeroase conferinţe şi lucrări ale unor organizaţii tehnice internaţionale şi organizează excursii tematice în ţările prietene, promovînd în acest fel colaborarea internaţională şi schimbul de informaţii ştiinţifice şi tehnice.

* * *

La împlinirea a zece ani de fructuoasă activitate, de studiere şi difuzare a experienţei membrilor săi în marea masă a cadrelor tehnice, Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor înregistrează frumoase succese. Ea nu şi-a limitat acţiunea la stabilirea în abstract a soluţiilor care să asigure un înalt nivel al producţiei, ci s-a preocupat intens şi de efectiva lor introducere în practică. Asociaţia noastră a luat permanent atitudine împotriva conservatorismului şi a rutinei, reuşind în bună măsură să creeze în rîndurile inginerilor şi tehnicienilor convingerea că ridicarea nivelului de trai al poporului este în directă legătură cu obţinerea unor performanţe superioare în industria ţării. Asociaţia contribuie cu cinste la îndeplinirea directivelor Congresului al II-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, cu privire la perfecţionarea întregii producţii industriale şi agricole, pe baza tehnicii celei mai noi şi organizării superioare a producţiei, şi luptă cu perseverenţă pentru traducerea în viaţă a sarcinilor trasate de plenara din noiembrie 1958 a C.C. al P.M.R., cu privire la descoperirea şi valorificarea rezervelor existente în economia naţională.

Expunerea tovarăşului Gh. Gheorghiu-Dej, făcută cu prilejul plenarei din noiembrie, conţine un vast program de activitate tehnico-ştiinţifică pe baza căruia Asociaţia şi-a alcătuit planul de activitate pe anul în curs.

Potrivit acestui plan de activitate, cercurile ASIT vor dezbate în primul rînd, măsurile menite să perfecţioneze tehnica şi organizarea din întreprinderi, vor promova cu fermitate noul, vor duce o muncă hotărîtă pentru mobilizarea tuturor rezervelor interne.

Publicaţiile Asociaţiei vor da un sprijin sporit activităţii cercurilor ASIT, publicînd materiale care să servească direct cadrelor tehnice pentru înfăptuirea sarcinilor trasate de plenară, materiale care să dea răspuns preocupărilor în legătură cu ameliorarea indicilor tehnico-economici şi în special a gradului de utilizare a agregatelor, a consumurilor specifice etc. Publicaţiile vor populariza mai larg colectivele din întreprinderi fruntaşe în lupta pentru îndeplinirea sarcinilor plenarei, îndeplinindu-şi astfel rolul lor de mobilizator al cadrelor tehnice.

Comitetele filialelor şi comitetele secţiilor de specialitate îşi propun organizarea de brigăzi complexe de oameni de ştiinţă şi buni specialişti, legînd astfel ştiinţa de practică şi sprijinind inginerii şi tehnicienii din întreprinderi în perfecţionarea producţiei.

Pentru întărirea conştiinţei profesionale a inginerilor, tehnicienilor şi muncitorilor, cum şi pentru mai buna lor pregătire, cercurile ASIT vor înfiinţa noi cursuri, seminarii, prelegeri, iar comitetele filialelor vor organiza pe scară mai mare schimburi de experienţă şi excursii tematice. Cursurile pentru ingineri vor fi axate în special pe problemele tehnologice şi tehnico-economice de automatizare, tehnică nucleară etc., pe problemele dezvoltării tehnicii în general.

Plenara Comitetului Central a reamintit că o sarcină de bază în toate domeniile construcţiei economice este reducerea preţului de cost. Sprijinindu-se pe indicaţiile plenarei, Asociaţia duce o luptă hotărîtă pentru realizarea de acumulări socialiste peste plan.

Alături de muncitori, inginerii, tehnicienii şi maiştrii luptă cu abnegaţie pentru traducerea în fapt a sarcinilor trasate de partid şi guvern. În multe filiale, inginerii şi tehnicienii membri ASIT s-au angajat să realizeze în acest an economii de 10 000 pînă la 20 000 lei de fiecare membru ASIT. Numeroşi ingineri s-au angajat să realizeze economii de 50 000 pînă la 200 000 lei.

Transformînd iniţiativa membrilor ASIT pentru economii într-o largă acţiune de masă care să se încheie cu rezultate concrete, ASIT poate aduce o contribuţie remarcabilă la îndeplinirea sarcinilor trasate de plenara C.C. al P.M.R. din noiembrie 1958.

* * *

Succesele obţinute în activitatea Asociaţiei noastre sînt datorate în întregime îndrumării şi sprijinului partidului, asimilării din ce în ce mai profunde a învăţăturii sale de către masele largi de ingineri şi tehnicieni, entuziasmului cu care ei participă la făurirea vieţii noi în ţara noastră. Partidul, în acelaşi timp cu înfăptuirea operei de construire a socialismului, desfăşoară o uriaşă muncă de transformare a conştiinţei oamenilor, de educare a lor în spiritul marxism-leninismului. Înţelegînd just rolul de mare răspundere ce le revine, cele mai înaintate cadre tehnico-inginereşti din ţara noastră educate de partid, grupate în Asociaţia lor Ştiinţifică de specialitate, sprijină lupta clasei muncitoare, condusă de partid pentru făurirea măreţelor sarcini de construire a societăţii socialiste, pentru ridicarea neîntreruptă a nivelului de trai al poporului.

Folosind vastele posibilităţi pe care le asigură economia noastră socialistă în plin progres, fiecare inginer şi tehnician trebuie să fie un constructor activ şi conştient al noii societăţi, al societăţii socialiste, să-şi îndeplinească datoria la locul său de muncă, contribuind astfel, după puterile sale, la ridicarea nivelului tehnicii noastre, la asigurarea prestigiului ei internaţional.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕДОВАЯ:
23 Августа 1959 года
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 145—146

ДК **621—52:338.062.214 (R)**
GHEORGHIU, I. S.:
Исследования в области промышленной индустриализации РНР.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 147—151

ДК **621.316.5:621.318.5 (R)**
MOISIL, C. GR.:
Развитие алгебраической теории релейно-контактных схем в Румынии.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 152—160

ДК **621.—52 (R)**
PAPADACHE, I.:
Вопросы развития автоматизации в РНР.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 160—164

ДК **621.37/.38.001.5 (R)**
NICOLAU, EDM.:
Исследования в области электроники, проводимые в РНР.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 164—170

ДК **621.37/.37 (09) (R**
DUMA, M.:
Электроника содействует внедрению новой техники в промышленность РНР.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 171—177

ДК **539.1:621.039 (R)**
NACHMAN, M.:
Атомная физика и техника в РНР.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 178—184

ДК **539.1:621—52:621.37/.38 (8:R)**
КОЛЛЕКТИВ:
Вклад румынских исследователей в достижения Объединенного института ядерных исследований в Дубне в области автоматики и электроники.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 184—195

ДК **621.039.8 (R)**
ONCESCU, M. и ŞANDRU, P.:
Применение радиоактивных изотопов в Румынии.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 196—197

ДК **62:061.25.051:338(R)02**
РЕДАКЦИЯ:
Десятилетняя деятельность АСИТ в деле строительства социализма.
Automatica şi electronica, III (1959) № 4, стр. 198—200

INHALTSVERZEICHNIS

LEITARTIKEL:
23 August 1959.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 145—146.

DK 621—52:338.062.214 (R)
GHEORGHIU, I. S.:
Forschungen auf dem Gebiete der industriellen Automatisierung in der R.V.R.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 147—151.

DK 621.316.621.318.5 (R)
MOISIL, C. GR.:
Die Entwicklung der algebraischen Theorie von Kontakt -und Relaisschaltungen in der R.V.R.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 152—160.

DK 621—52 (R)
PAPADACHÈ, I.:
Fragen in Verbindung mit der Entwicklung der Automatisierung in der R.V.R.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 160—164.

DK 621.37/.38.001.5 (R)
NICOLAU, EDM.:
Forschungen auf dem Gebiete der Elektronik in der R.V.R.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 164—170.

DK 621.37/.38 (09) (R)
DUMA, M.:
Die Elektronik als Unterstützung zur Einführung der neuen Technik in der Industrie der R.V.R.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 171—177.

DK 539.1:621.039 (R)
NAHMAN, M.:
Die Kern-Physik und -Technik in der R.V.R.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 178—184.

DK 539.1:621—52:621.37/.38 (8:R)
KOLLEKTIV:
Rumänische Beiträge und Leistungen auf den Gebieten der Automatik und Elektronik beim Vereinigten Institut für Kernforschungen Dubna.
Automatica şi electronica, III (1959), H. 4, S. 184—195.

DK 621.039.8 (R)
ONCESCU, M. und ŞANDRU, P.:
Verwendung der radioaktiven Isotope in unserem Land.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 196—197.

DK 62:061.25.051:338(R)02
SCHRIFTLEITUNG:
Zehn Jahre ASIT- Tätigkeit im Dienste des sozialistischen Aufbaues.
Automatica şi electronica, III (1959) H. 4, S. 198—200.

SOMMAIRE

EDITORIAL :

Le 23 Août 1959.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 145—146.

CD 621—52 : 338.062.214 (R)

GHEORGHIU, I. S. :

Les recherches dans le domaine de l'automation industrielle dans la R. P. Roumaine.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 147—151.

CD 621.316.5 : 621.318.5 (R)

MOISIL, C. GR. :

Le développement dans la R. P. Roumaine de la théorie algébrique des schémas à contacts et relais.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 152—160.

CD 621—52 (R)

PAPADACHE, I. :

Problèmes rattachés au développement des automations dans la R. P. Roumaine.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 160—164.

CD 621.37/.38.001.5 (R)

NICOLAU, EDM. :

Recherches en électronique dans la R. P. Roumaine.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 164—170.

CD 621.37/.38 (09) (R)

DUMA, M. :

L'électronique à l'appui de l'introduction de la nouvelle technique dans l'industrie de la R. P. Roumaine.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 171—177.

CD 539.1 : 621.039 (R)

NAHMAN, M. :

La physique et la technique nucléaire dans la R. P. Roumaine.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 178—184.

CD 539.1 : 621—52 : 621.37/.38 (S : R)

GROUPE DE TRAVAIL COLECTIF :

Présence et réalisations roumaines en matière d'automatique et électronique à l'Institut Unifié de Recherches Nucléaires de Dubna.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 184—195.

CD 621.039.8 (R)

ONCESCU, M. et ŞANDRU, P. :

L'emploi des isotopes radioactifs dans notre pays.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 196—197.

CD 62 :061.25.051 :338(R)02

RÉDACTION :

Dix années d'activité de l'ASIT au service de la construction du socialisme.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 198—200.

CONTENTS

LEADING ARTICLE :

23rd of August 1959

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 145—146.

DC 621—52 : 338.062.214 (R)

GHEORGHIU, I, S. :

Researches in the industrial automation area of the Rumanian People's Republic.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 147—151.

DC 621.316.5 : 621.318.5 (R)

MOISIL, C. GR. :

Development of the algebriac theory of the schemes with contacts and relays in the Rumanian P. R.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 152—160.

DC 621—52 (R)

PAPADACHE, I. :

Problems connected to the development of automations in the Rumanian P. R.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 160—164.

DC 621.37/.38.001.5 (R)

NICOLAU, EDM. :

Research activities in electronics in the Rumanian P. R.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 164—170.

DC 621.37/.38 (09) (R)

DUMA, M. :

Electronics in aid to introducing new techniques in industry of the Rumanian P. R.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 171—177.

DC 539.1 : 621.039 (R)

NAHMAN, M. :

Physics and nuclear engineering in the Rumanian P. R.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 178—184.

DC 539.1 : 621—52 : 621.37/.38 (S : R)

COLLECTIVE STAFF :

The Rumanian attendance and achievements in the automaties and electronics area at the Unified Institute for nuclear research from Dubna.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 184—195.

DC 621.039.8 (R)

ONCESCU, M. and ŞANDRU, P. :

Use of radioactive isotops in our country.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 196—197.

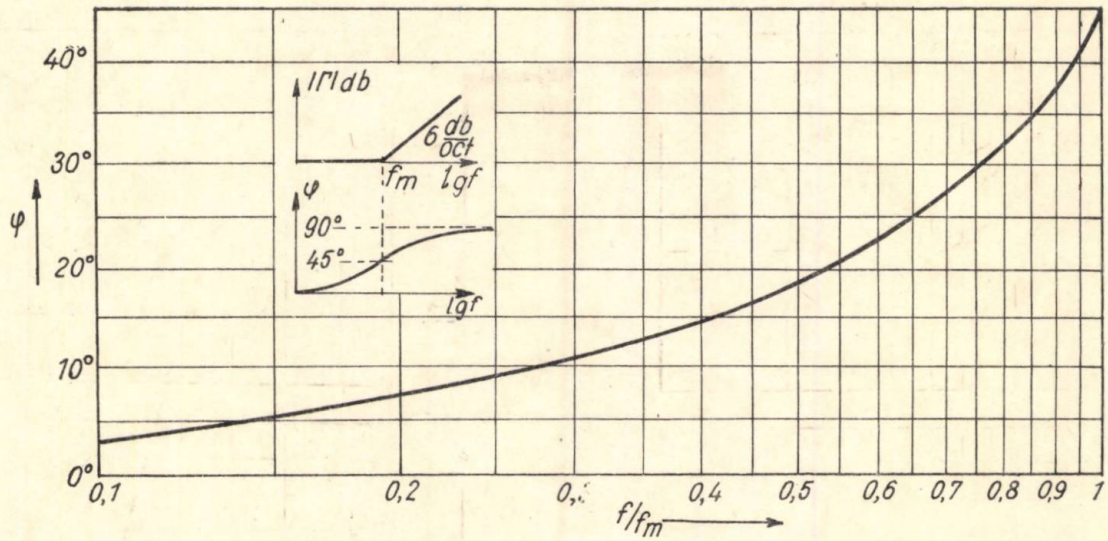
DC 62 :061.25.051 :338(R)62

EDITOR :

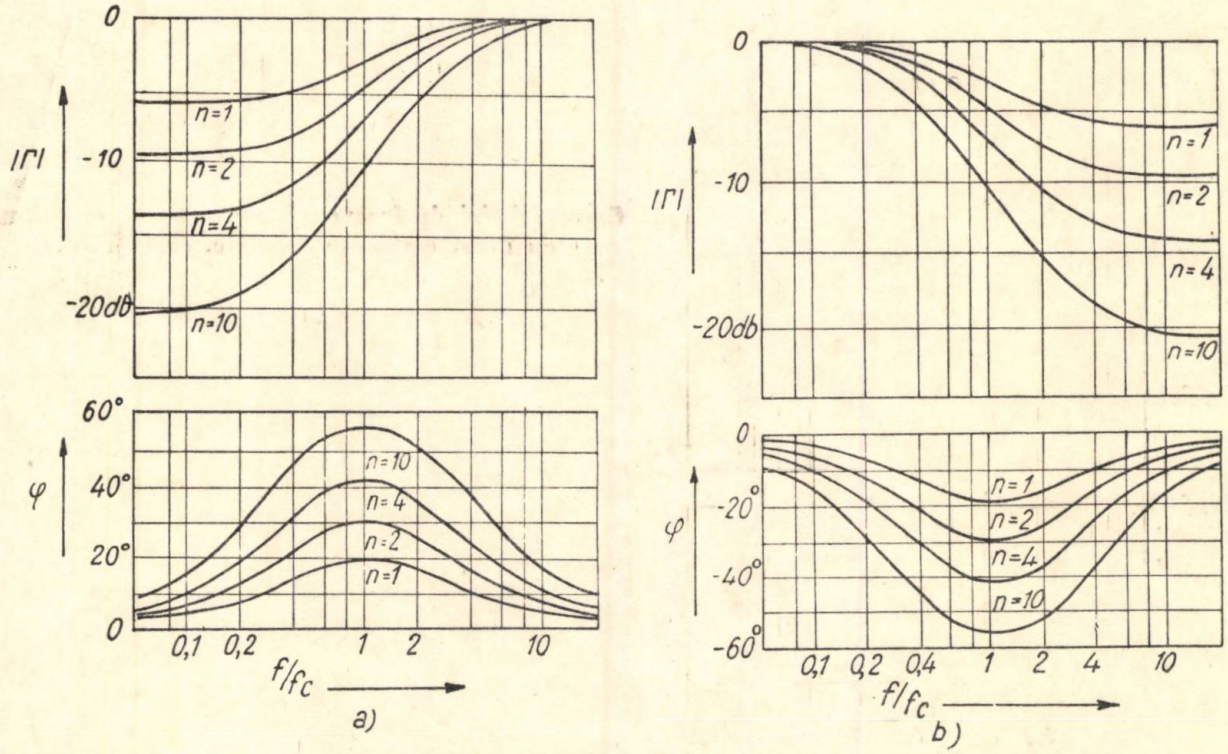
Tem years of ASIT activity devoted to building-up socialism.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 4, p. 198—200.

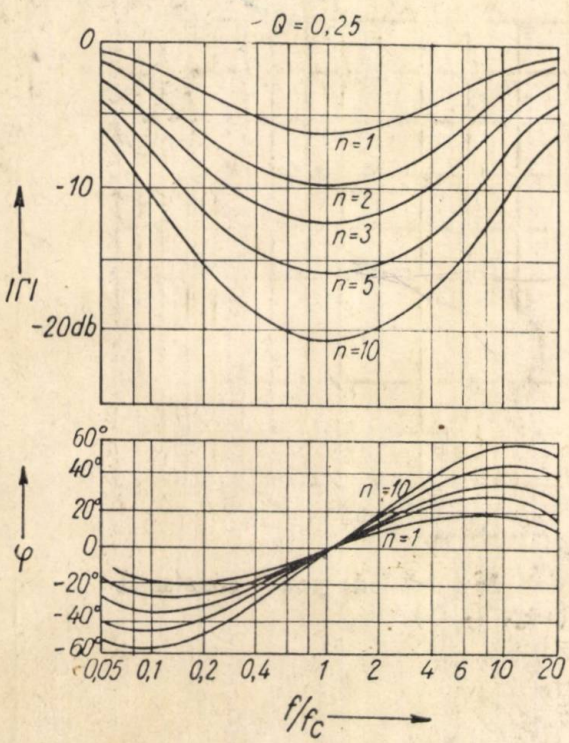
MŰSZAKI KÖNYVTÁR

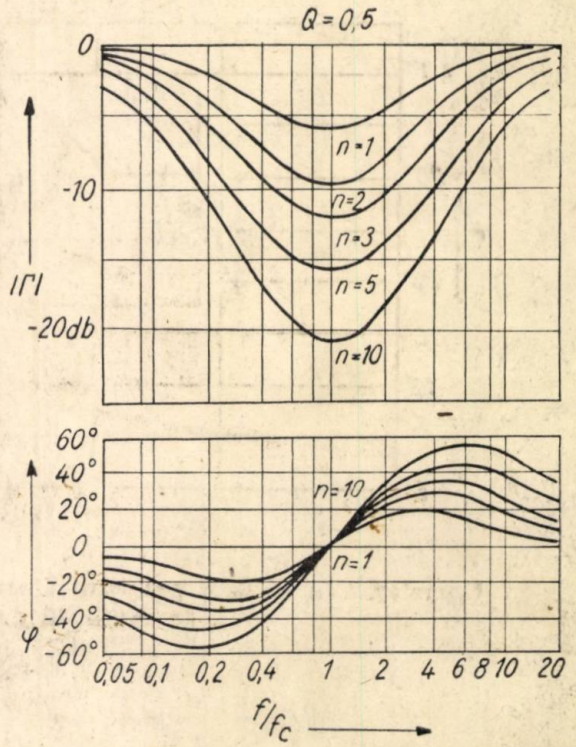


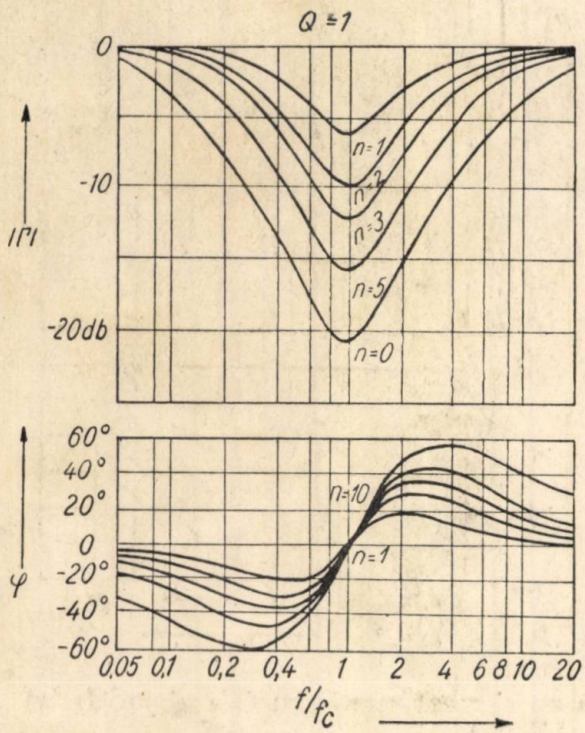
Caracteristica de fază corespunzătoare caracteristicii de modul de pantă constantă semiinfinită de o unitate. (Ing. V. P.)



Caracteristici de freevență ale rețelelor corectoare cu un element reactiv cu defazaj pozitiv (*a*) și negativ (*b*). (Ing. V. P.)





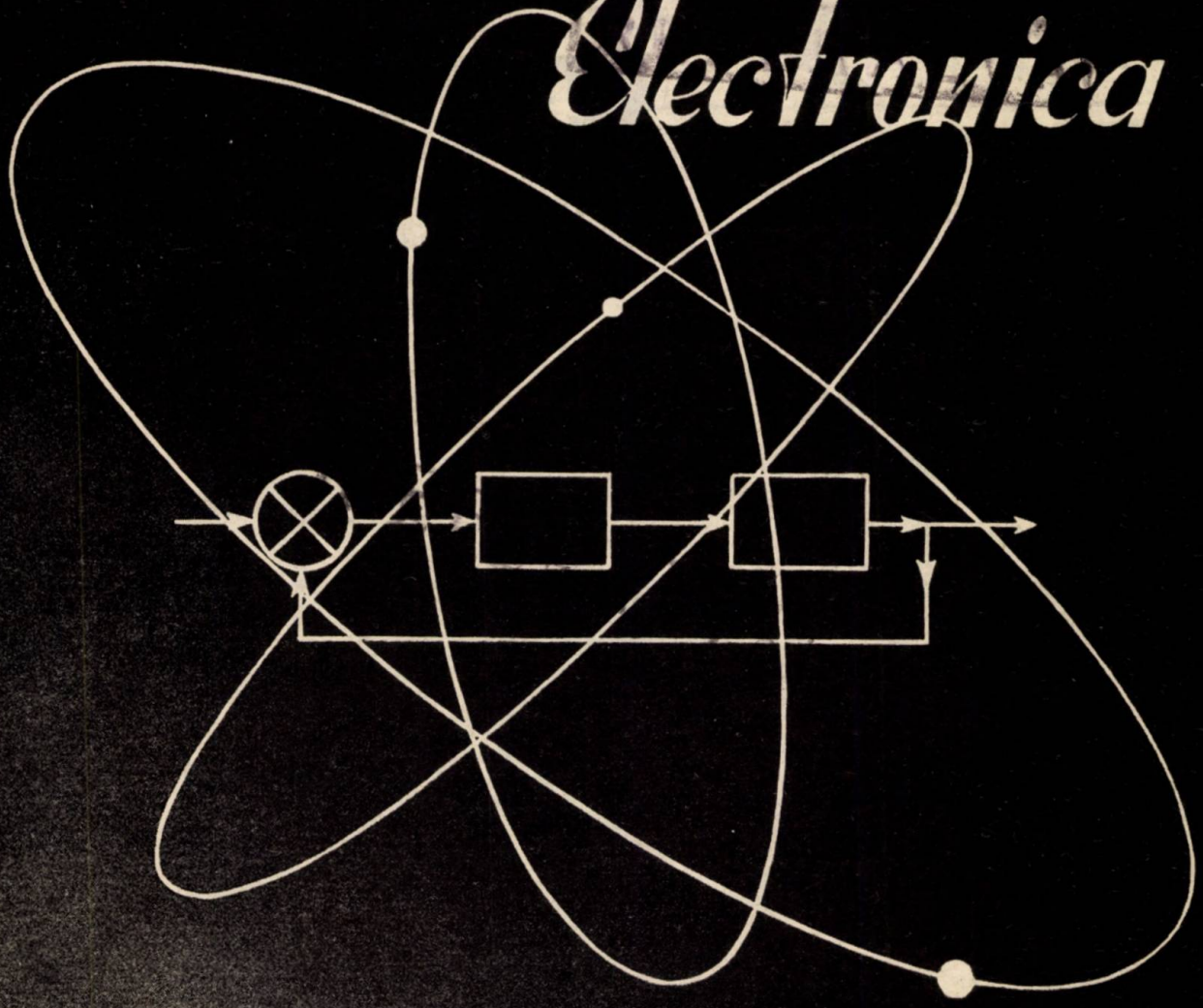


Caracteristici de freevență ale rețelelor corectoare cu două elemente reactive. (Ing. V. P.)

I. P. 2, c. 2940

Prețul Lei 5

Automatica şi Electronica



E 2551

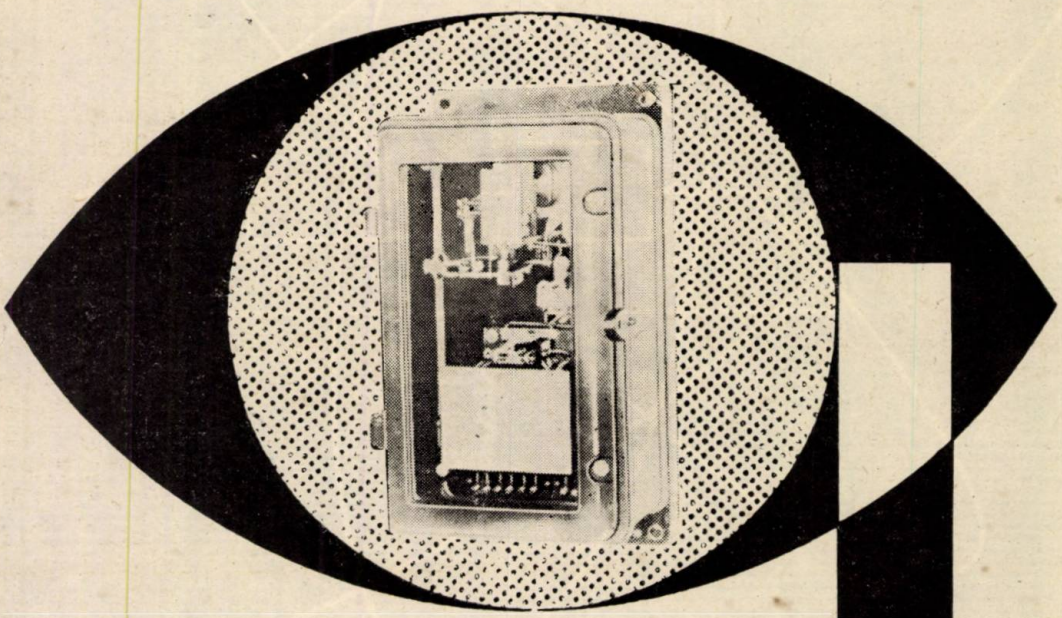
5

1959

„Elektrim"

SOCIETATE POLONEZĂ DE COMERȚ EXTERIOR
CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU
ECHIPAMENTUL ELECTROTEHNIC

Warszawa, Czackiego 15/17, Polonia
Telegrame: ELEKTRIM WARSZAWA



exportă:

Relee de diferite tipuri pentru instalații de producere și distribuție de energie electrică, cum și pentru automatizarea industrială.

Precizia și execuția îngrijită a releelor garantează funcționarea lor neîntreruptă în fiecare montaj electric.

Pentru toate lămuririle vă rugăm să vă adresați la:

AMBASADA POLONĂ — BIROUL CONSILIER COMERCIAL
BUCUREȘTI, B-DUL I. V. STALIN 24, REPUBLICA POPULARĂ ROMÎNĂ

Automatica și Electronica

Vol. III (1959) nr. 5 (septemb.—octomb.), p. 201—232.

SUMAR

REFERALVA

CZ 621.384.833 :541.28

ARDENNE, M. VON :

Despre o instalație generatoare de fascicul de electroni pentru lucrări de radiochimie.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 5, p. 201—205.

Se descrie construcția generatorului de fascicul de electroni utilizat în lucrări radiochimice. Se discută așezarea generatorului și instalațiilor aferente pentru lucrările cărora le este destinat. Se conchide că dozele debit obținute satisfac lucrările radiochimice de interes curent.

CZ 621.316.718.5.078

DAMSKER, D. :

Locul rădăcinii în proiectarea reglării automate a turației motorului alimentat de generatori separați.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 5, p. 206—210.

Locul rădăcinii poate fi construit relativ ușor prin mijloace grafice atunci cînd se cunosc zerourile și polurile lui $F(s)$, deci a circuitului deschis, după care se urmărește stabilitatea. Prin aceasta se obține un mijloc rapid și eficient de analiză și sinteză a sistemelor de reglare liniare.

CZ 621.316.4 :621.317.39 :620.172.216

ZAHARESCU, A. și PROCOPOVICI, E. :

Analiza și calculul detectorului „în inel" folosit în amplificatorii tensiometrici.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 5, p. 211—214.

Se studiază detectorul sensibil la fază utilizat în aparatura electronică de tensiometrie. Se face o analiză a circuitului pentru determinarea relațiilor ce leagă curentul prin sarcină funcție de tensiunile și de parametrii circuitului.

CZ 621.313.423 :621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. și SCÎNTEIE, N. :

Clistronul cu reflexie ca generator de impulsuri în domeniul nanosecundelor.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 5, p. 214—218.

Se studiază experimental regimul de lucru al clistronului reflex alimentat în impulsuri, arătînd că, în acest caz, poate servi ca generator de impulsuri în domeniul nanosecundelor.

CZ 621.314.65 :621.316.543—523.8

ROGOJAN, AL. și MUREȘAN, T. :

Distribuitor electronic.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 5, p. 218—220.

Se arată modificările aduse unei scheme de numărător electronic în inel, citată în literatură, și se prezintă o schemă nouă, îmbunătățită. Se alcătuiește cu ajutorul acesteia din urmă o schemă de distribuitor de impulsuri pentru comanda unui redresor cu vapori de mercur. Se arată performanțele bune obținute după realizarea practică.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.375.132.016.35

PAUKER, V. :

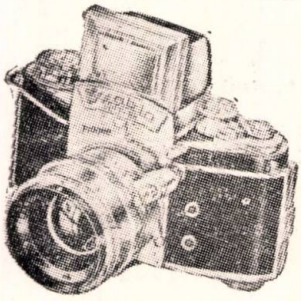
Stabilitatea amplificatoarelor cu reacție negativă.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 5, p. 221—230

RECENZII, p. 231—232.

Fiecăruia

un aparat reflex cu oglindă pentru film îngust



EXAKTA
Varex

camera cea mai bună pentru cele mai înalte exigențe

EXA

aparatul reflex cu oglindă simplificat pentru fotografii reușite de amatori

Remitem cu plăcere prospectele noastre

IHAGEE KAMERAWERK AG I.V. DRESDEN A-tg

Informații despre posibilități de procurare și prețuri prin:

TECHNOIMPORT, București, Str. Doamnei Nr. 5

Revista AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95 și 16.78.78. Administrația și casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon: 14.06.24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor ASIT din întreaga țară precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile și întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: lei 5.

Tiparul: Intreprinderea Poligrafică nr. 2, București.

Automatica și Electronica
REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ
ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
Vol. III (p. 201—232) Nr. 5, septembrie—octombrie București, 1959

MANFRED VON ARDENNE*)

Despre o instalație generatoare de fascicul de electroni pentru lucrări de radiochimie

(Comunicare din Institutul de cercetări *Manfred von Ardenne*, Dresden)

CZ 621.384.833:541.28

Importanța radiochimiei substanțelor organice

Pentru chimia viitorului, metoda înnobilării radiochimice a materialelor și a accelerării radiochimice a reacțiilor chimice, va căpăta o mare importanță. De pe acum există mai multe sute de publicații științifice[1]) în care spre exemplu se comunică despre o mărire a rezistenței termice și a stabilității chimice a importantului material sintetic polietilen ($D \approx \approx 5 \cdot 10^8$ rad), despre o îmbunătățire foarte mare a rezistenței la frecare a cauciucurilor de automobil ($D \approx 3 \cdot 10^7$ rad) cît și despre reticularea siliconilor ($D \approx 3 \cdot 10^7$ rad) a polistirolului ($D \approx 2{,}5 \cdot 10^7$ rad) a cauciucurilor „perbunan" și „buna" ($D \approx 3 \cdot 10^7$ rad), a fibrelor sintetice și în sfîrșit despre desfacerea polimerizărilor și transformări de materiale sintetice pe căi radiochimice. Alte publicații tratează polimerizarea și clorarea hidrocarburilor aromatice ($D \approx 2 \cdot 10^4$ rad), înnobilarea amestecurilor polimerizate, accelerarea reacțiilor chimice, modificarea proprietăților cristalelor și semiconductoarelor și scăderea presiunii de vapori a materialelor pentru garnituri ale tehnicii vidului prin metode radiochimice.

La unele din aceste exemple de aplicare, datorită iradierii se obține o înnobilare de înalt grad a materialului respectiv, un atît de important progres în procesul de fabricație, încît investițiile ridicate cerute de o instalație de iradiere sînt din punct de vedere economic pe deplin justificate. Așa spre exemplu, pentru anumite procese industriale de producție, unele uzine chimice au comandat recent pînă la zece instalații de iradiere. La alte exemple de aplicații, cheltuielile de investiție mari nu pot fi suportate; la un alt șir de exemple de aplicare trebuie întîi să se clarifice, prin cercetări științifice, dacă pe căi radiochimice se obțin îmbunătățiri simțitoare care să justifice procurarea instalațiilor de iradiere. Pentru a ușura cercetarea aplicațiilor ultimelor două grupe enunțate, a fost realizată la cererea Oficiului pentru cercetări nucleare și tehnică nucleară din Berlin instalația de iradiere descrisă în cele ce urmează. Ea stă la dispoziția tuturor celor interesați în vederea efectuării examenelor radiochimice, în special pentru rezolvarea sarcinilor din programul industriei chimice.

Generatorul de fascicul de electroni de 2 MeV

Drept surse de radiații în lucrările radiochimice servesc actualmente cu predilecție generatori de fascicul de electroni[2]), în special generatori van de Graaff cu fereastră Lenard. Ca sursă de iradiere generatorii de fascicul de electroni, prezintă avantajul că dozele de iradiere frecvent cerute de 10^7—10^8 rad se obțin cu timpi de iradiere foarte scurți, iar în materialul iradiat nu se induc activități secundare. După deconectarea mașinii este imediat posibilă o apropiere lipsită de pericol atît la obiectul iradiat, cît și la toate părțile generatorului. Un alt avantaj constă în aceea că prin aplicarea unor măsuri electronooptice (focalizarea fasciculului, deflecția fasciculului) realizarea unor foarte înalte densități de radiații, cît și crearea de cîmpuri de radiații de densitate uniformă reușesc foarte comod. Drept generator

*) Prof. dr. h. c. M. VON ARDENNE este directorul Institutului de cercetări *Manfred von Ardenne*, Dresden — Weisser Hirsch, Republica Democrată Germană.

[1]) Compară spre exemplu tabela „*Aplicațiile radioizotopilor ca surse de radiații în chimie și fizică*" din M. VON ARDENNE: *Tabellarische Darstellung zur Anwendung von Radioisotopen*, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1957 ca și Proc. Second. Intern. Conf. Genf. 1958, vol. 29 și literatura de specialitate citată în listele bibliografice de aici.

[2]) Vezi spre exemplu, M. VON ARDENNE: *Bauweise und Anwendungen von Elektronenstrahl-Generatoren*. Deutsche Elektrotechnik, 11 (1957) 9, 398—407.

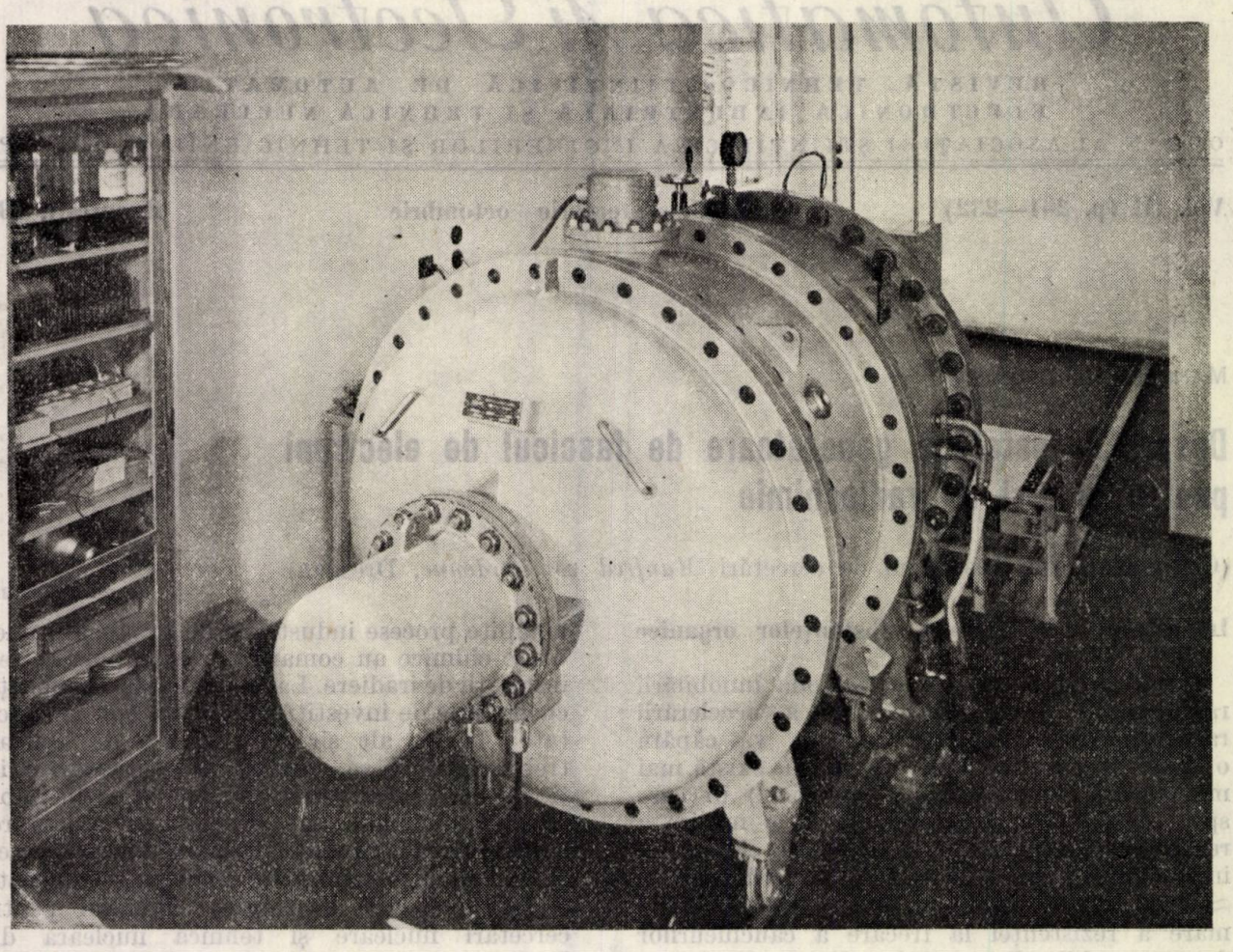


Fig. 1. Vedere a generatorului de fascicul de electroni de 2 MeV pentru lucrări radiochimice, gata pentru exploatare.

de fascicul de electroni serveşte în instalaţia noastră un generator van de Graaff de construcţie orizontală, a cărui tensiune de funcţionare este reglabilă comod între 0,75 şi 2 MeV. Generatorul a fost realizat în VEB Transformatoren-und Röntgenwerk, Dresden, de către R. BREY, G. HARTMANN, G. NAUMANN şi P. VETTERS în colaborare cu institutul nostru de cercetări. În fig. 1 este reprezentat generatorul introdus într-un cazan cu gaz sub presiune; fig. 2 arată o secţiune verticală, ceva mai schematică. Încărcarea electrodei de înaltă tensiune are loc prin mişcarea unei benzi din ţesătură de perlon de 30 cm lăţime, fără cusătură, cu aplicaţie unilaterală de cauciuc Buna, avînd o viteză de 11 ms^{-1}. În electroda de înaltă tensiune se găseşte un generator de curent alternativ (300 W, 400 Hz) pentru alimentarea cu energie a sursei universale[3]), acţionată de banda de încărcare. Sursa universală emite în tubul de descărcare electroni (sau după alegere şi ioni). Sursa al cărui sistem este desenat schematic în fig. 3 furnizează la funcţionare cu electroni dintr-o deschidere de emisie de 0,6 mm diametru, un curent de electroni de 250 μA preaccelerat la 150 V.

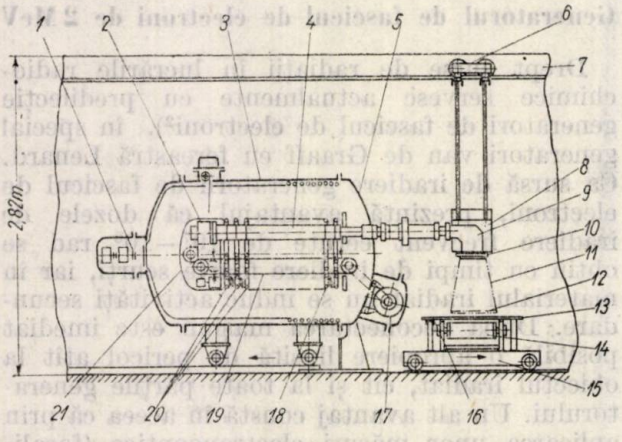


Fig. 2. Secţiunea verticală schematică a generatorului de fascicul de electroni şi a instalaţiilor sale aferente pentru lucrări radiochimice:

1 – voltmetru; *2* – sursă universală; *3* – cazan sub presiune mobil; *4* – tubul de accelerare; *5* – perete frontal stabil; *6* – cărucior pentru magnet şi ecrane de protecţie; *7* – suport (profil I); *8* – ecran de protecţie; *9* – magnet de deflecţie; *10* – fereastră Lenard în cazuri speciale; *11* – cameră vidată; *12* – fereastră Lenard; *13* – dozimetru (dozadebit); *14* – rolă pentru banda transportoare; *15* – cărucior pentru sistemul bandă transportoare şi ecrane de protecţie; *16* – masă pentru cărămizi de beton cu baritâ; *17* – motor pentru antrenarea benzii; *18* – încărcarea benzii; *19* – banda; *20* – electrozii secţiunilor; *21* – electrodul de înaltă tensiune.

[3]) M. VON ARDENNE şi S. SCHILLER: *Über eine Universal-Ionen-Elektronenquelle für van de Graaff-Generatoren.* Kernenergie 2 (1959), sub tipar.

Cîmpul magnetic auxiliar de focalizare a electronilor în sursă are un maxim de 1 000 Oerstedt. Curentul de emisie amintit rezultă la un curent

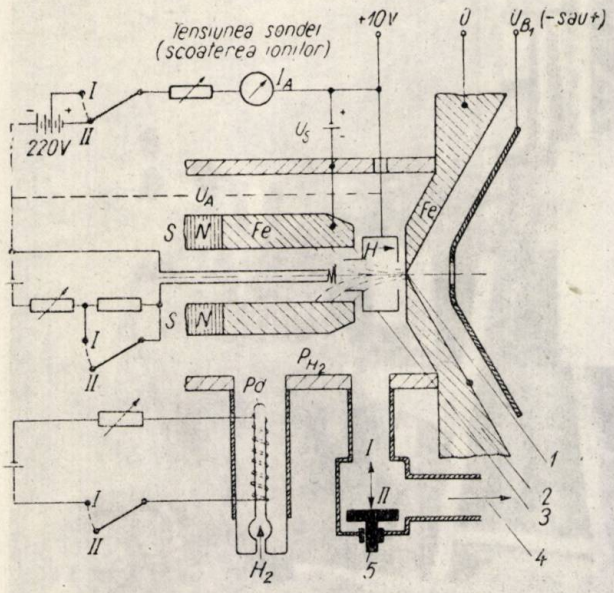


Fig. 3. Sistemul sursei universale pentru electroni sau ioni. (Din sursă se injectează axial în tubul de accelerare un curent de electroni la o tensiune de 150 V, intensitate $I_B = 250$ μA; intensitatea curentului este independentă pînă departe de tensiunea generatorului U_B stabilită oricînd); *1* — deschiderea de emisie; *2* — electrodul sondei; *3* — anoda; *4* — la camera principală de vid (tubul de accelerare); *5* — ventil. Poziția întrerupătorului: *I* — funcționare cu ioni; *II* — funcționare cu electroni

anodic total de 3 mA la o tensiune anodică a sursei de 150 V. Consumul de putere al sursei, la aceste date, este de circa 90 W. Datorită sistemului de descărcare ales, cu preaccelerarea electronilor, curentul de electroni injectat în tubul de descărcare este în mare măsură independent în intensitatea sa de tensiunea de accelerare stabilită oricînd. Această proprietate permite schimbul comod al diverselor tensiuni de accelerare a electronilor. O distribuție uniformă de tensiune în lungul tubului de accelerare se realizează printr-un divizor de tensiune, cu o rezistență totală de $2.10^{10}\,\Omega$ (100 μA curent de pierderi a divizorului de tensiune). Curentul în fascicul de 250 μA și curentul care străbate divizorul de tensiune la viteza amintită a benzii, care asigură o durată mare de viață a benzii, sînt puse la dispoziție de generatorul electrostatic, dacă în cazanul de presiune conținutul standard de azot cu 5% adaos de freon este adus la o presiune de circa 15 at.

Secțiunea fasciculului la capătul tubului de accelerare are la tensiunea maximă de accelerare valoarea de circa 5 mm. Capacitatea de debitare a tubului accelerator al fasciculului este, în cazul diametrului interior liber al electrozilor secțiunilor de 7 cm, circa $L = 35\,l\,s^{-1}$, încît viteza de sugere $S_p = 100\,ls^{-1}$ a pompei de difuzie cu ulei prevăzute este pe deplin satisfăcătoare.

Așezarea generatorului și a instalației aferente pentru lucrări radiochimice

Generatorul de înaltă tensiune și tubul de accelerare, împreună cu motorul de antrenare a benzii și instalația de evacuare sînt montate rigid pe un perete frontal stabil al cazanului cu gaz sub presiune. Pentru deschiderea generatorului, datorită construcției orizontale, cazanul cu gaz sub presiune poate circula lateral pe șine după desfacerea puținelor legături. Acest mod de construcție a permis așezarea generatorului într-o încăpere de mărime și înălțime normale. În fig. 4 se dau concomitent cu o vedere orizontală a instalației generatoare de fascicul de electroni, o bază despre dimensiunile alese ale încăperii și măsurile luate pentru ecranarea radiației Roentgen puternice, directe și difuzate ale generatorului.

După cum se știe, actualmente doza debit permisă legal este la o expunere la radiație profesională, 300 mr pe săptămînă [4]). Pentru a asigura că această doză debit permisă la locul pupitrului de comandă în camera de comandă alăturată nu este depășită, trebuie alocate cheltuieli de ecranare foarte însemnate. La instalația noastră servește un perete de circa 50 cm grosime din cărămizi de beton cu barită care se clădește ulterior în jurul încăperii sursei de radiație Roentgen ca prima atenuare

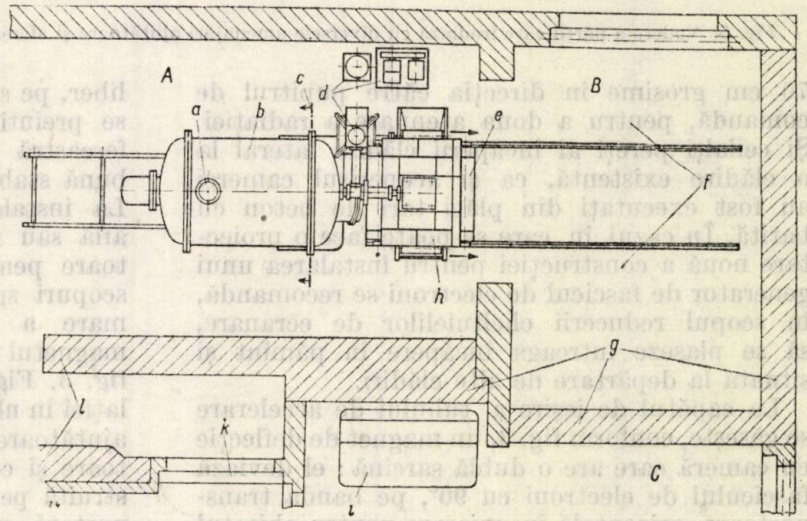


Fig. 4. Așezarea generatorului și a instalațiilor aferente ca și măsurile luate pentru atenuarea radiației, în reprezentare schematică: *a* — dispozitiv de punere la pămînt; *b* — cazanul generatorului; *c* — locul demontării generatorului; *d* — instalație de evacuare; *e* — cărucior pentru sistemul benzii transportoare și ecranare; *f* — loc pentru instalații chimice ajutătoare; *g* — pereți din beton cu barită; *h* — ecran din cărămizi de beton cu barită; *i* — pupitru de comandă; *k* — ușă de intrare cu comutator de siguranță; *l* — pereți din beton cu barită. *A* — camera generatorului; *B* — camera anexă; *C* — camera de comandă.

a radiației și un perete de beton cu barită de

[4]) Compară pentru aceasta prezentarea de sinteză a dozei debit permise și a nivelelor de radiații în articolul lui M. VON ARDENNE, Kernenergie 2 (1959), sub tipar.

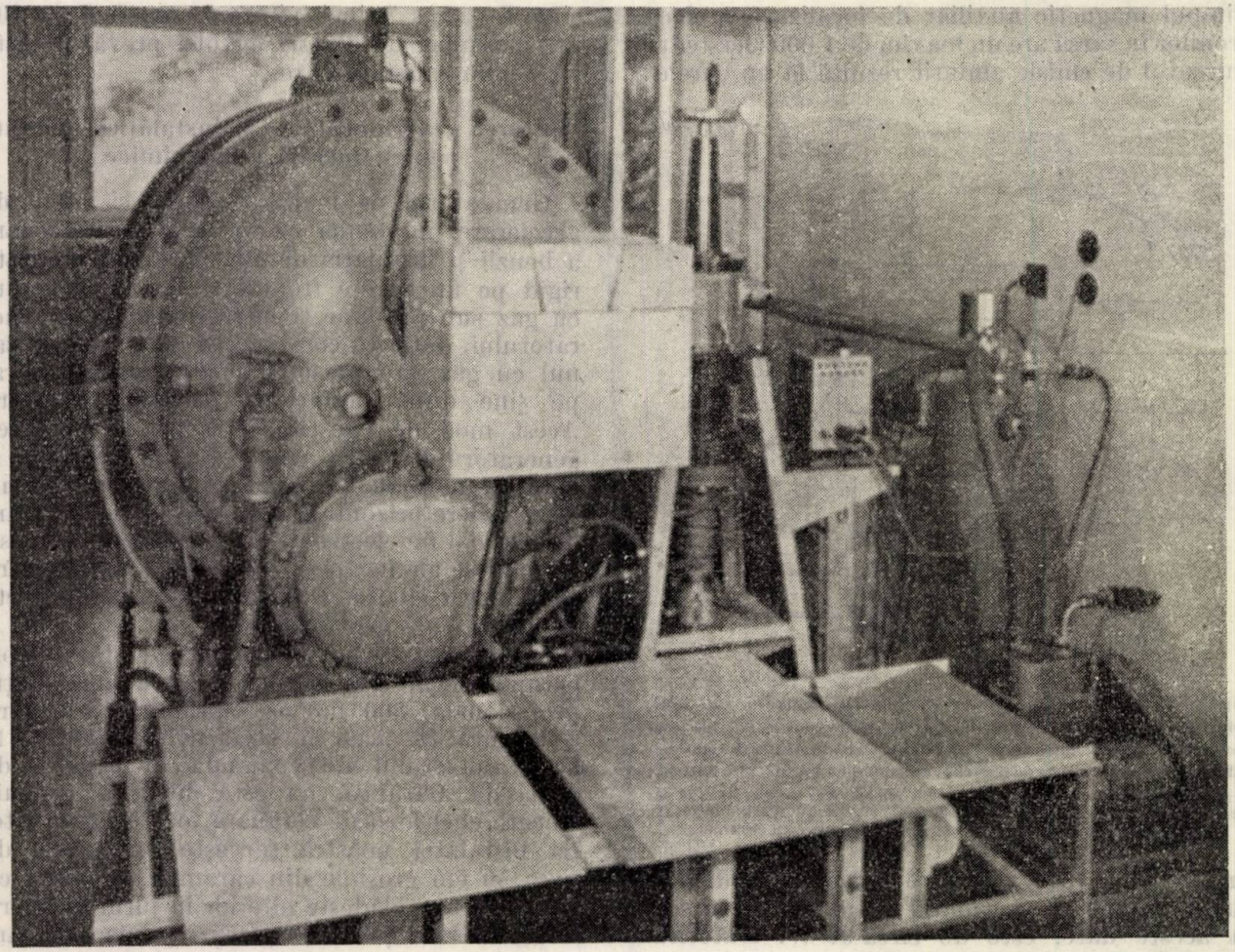


Fig. 5. Vedere a părţii care iradiază cu diversele amenajări ajutătoare şi aferente. Ecranul din cărămizi cu barită este scos.

70 cm grosime în direcţia către pupitrul de comandă, pentru a doua atenuare a radiaţiei. Şi ceilalţi pereţi ai încăperii clădite lateral la o clădire existentă, ca şi acoperişul camerei au fost executaţi din plăci tari de beton cu barită. În cazul în care se poate face o proiectare nouă a construcţiei pentru instalarea unui generator de fascicul de electroni se recomandă, în scopul reducerii cheltuielilor de ecranare, să se plaseze întreaga încăpere în pământ şi situată la depărtare de alte clădiri.

La capătul de ieşire a tubului de accelerare se găseşte, conform fig. 3, un magnet de deflecţie cu cameră care are o dublă sarcină: el deviază fasciculul de electroni cu 90°, pe banda transportoare orizontală în mişcare pentru obiectul de iradiat şi difuzează în afară de aceasta fasciculul de electroni (la o alimentare suplimentară a magnetului de deflecţie cu un curent alternativ — triunghi de frecvenţa $f = 10$ Hz, dintr-un generator corespunzător) pe o fîşie care are o lăţime $B = 30$ cm în planul benzii transportoare. Concomitent, prin devierea periodică a fasciculului de electroni se difuzează energia radiaţiei în planul ferestrei Lenard, prin care fasciculul de electroni trece în aer liber, pe suprafaţă mai mare. Abia prin aceasta se preîntîmpină încălzirea critică a foilor de fereastră (duraluminiu 40 μ) şi se asigură o bună stabilitate a ferestrei de mare suprafaţă. La instalaţia executată, fereastra Lenard se află sau nemijlocit deasupra benzii transportoare pentru obiectul de iradiat, sau pentru scopuri speciale care necesită o înălţime mai mare a obiectelor iradiate, nemijlocit sub magnetul de deflecţii, aşa cum se vede din fig. 3. Fig. 5 arată partea de iradiere a instalaţiei în ultimul caz amintit cu diverse instalaţii ajutătoare şi aferente. Sistemul benzii transportoare şi ecranarea din cărămizi de barită construită pe masa ei la exploatare poate fi transportată pe un cărucior în camera auxiliară alăturată. Camera auxiliară serveşte mai departe pentru plasarea unor instalaţii chimice, ca spre exemplu cele necesare la examinări ale radiopolimerizărilor materialelor sintetice.

Doza debit

La o tensiune a generatorului de 2 MV şi un curent în fascicul de electroni de 250 μA, deci la o putere a radiaţiei $N = 500$ W, corespund

activității produse 45 000 Curie. Deoarece 1 Curie este definit ca radiația unui gram de radiu, radiația generatorului la aceste date corespunde radiației a 45 kg radiu. Pentru comparație amintim că cele mai puternice

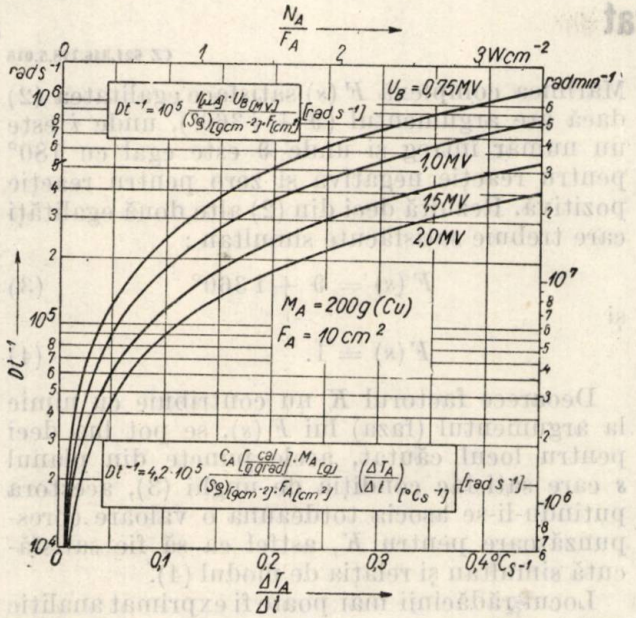


Fig. 6. Dependența puterii dozei debit Dt^{-1} de densitatea de putere N_A/F_A al fasciculului de electroni (scala superioară) la diverse tensiuni ale generatorului U_B (obiectul iradiat fix).

surse de radioizotopi, ca de exemplu cele mai puternice cu Co^{60}, posedă numai foarte rar o activitate peste 2 000 Curie.

Reprezentarea din fig. 6 permite o apreciere comodă a dozei debit care se poate obține cu ajutorul instalației la un obiect iradiat nemișcat. În abscisă (scala superioară) este trecută densitatea puterii radiației în planul obiectului iradiat. La o tensiune a generatorului de 2 MW și cu o densitate de putere iradiată de 2,5 W cm^{-2} realizabilă pe 200 cm^2 rezultă, spre exemplu, o doză debit de $1{,}6 \cdot 10^7$ rad min^{-1}. Scala inferioară a absciselor din aceeași reprezentare se referă la viteza creșterii temperaturii unui aparat de măsură pentru determinarea calorică a dozei debit a instalației noastre, descris în altă parte [5]).

În cazul în care obiectul de iradiat este transportat cu ajutorul benzii transportoare prin domeniul de radiație (viteza de transport v, lățimea domeniului de radiație $B = 30$ cm), reprezentarea din fig. 7 ajută la aprecierea dozei preluată de obiectul iradiat. Spre exemplu, cu ajutorul scalei superioare a absciselor din

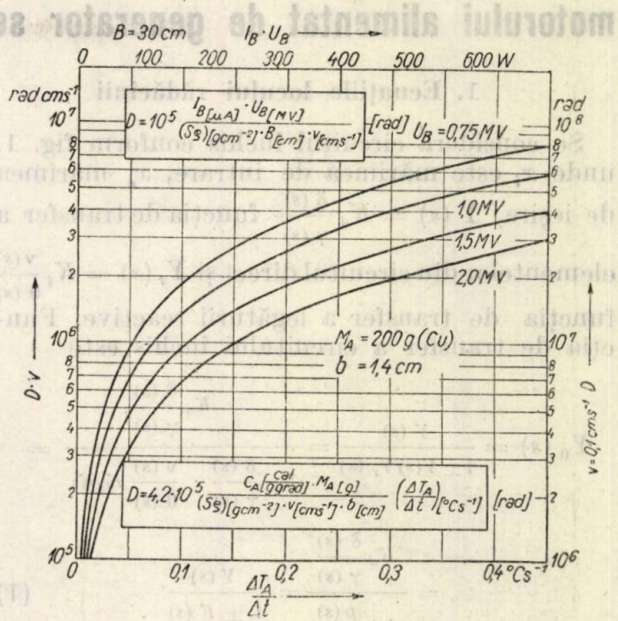


Fig. 7. Dependența produsului dozei D și viteza de transport a benzii v de putere N al fasciculului de electroni (scala superioară) la o lățime a domeniului de iradiere de $B = 30$ cm și diferite tensiuni ale generatorului U_B (obiectul iradiat transportat).

această reprezentare se poate aprecia că la o tensiune a generatorului de 2 MV și o putere a radiației de electroni de 500 W, ca și la o viteză de transport de $v = 0{,}1$ cm s^{-1}, doza este $2 \cdot 10^7$ rad.

Din fig. 6, respectiv fig. 7, și din numeroasele iradieri de materiale sintetice și fibre sintetice efectuate cu instalația se poate conchide că mărimea dozelor necesitată de lucrările radiochimice (vezi valorile date în introducere) pot fi obținute ușor și repede în obiectul iradiat cu instalația descrisă. Din reprezentările amintite, cît și din parcursul electronilor cu energia de 2MeV se mai poate aprecia că la o doză de radiație cerută, de exemplu $D = 2 \cdot 10^7$ rad, pot fi tratate radiochimic circa 10 kg substanță pe oră. Instalația poate fi folosită de aceea și în procese de producție industrială. Utilizarea ei este deosebit de justificată economic și urgentă în cazurile în care, prin iradiere, se obține o înnobilare de înalt grad a obiectului.

[5]) M. VON ARDENNE u. S. SCHILLER: *Einrichtung zur kalorischen Bestimmung der Dosisleistungsdichte von Elektronenstrahl-Generatoren.* Elektrie 13 (1959) 10.

DOREL DAMSKER *)

Locul rădăcinii în proiectarea reglării automate a turaţiei motorului alimentat de generator separat

CZ 621.316.718.5.078

1. Ecuaţiile locului rădăcinii

Se consideră circuitul închis conform fig. 1, unde x_i este mărimea de intrare, x_e mărimea de ieşire, $Y(s) = K_d \frac{\delta(s)}{\gamma(s)}$ funcţia de transfer a elementelor din circuitul direct şi $Y_r(s) = K_i \frac{\nu(s)}{\theta(s)}$ funcţia de transfer a legăturii reactive. Funcţia de transfer a circuitului închis este

$$Y_0(s) = \frac{Y(s)}{1 \pm Y(s) Y_r(s)} = \frac{K_d \frac{\delta(s)}{\gamma(s)}}{1 \pm \frac{\delta(s)}{\gamma(s)} \cdot \frac{\nu(s)}{\theta(s)} K_d K_i} =$$

$$= \frac{K_d \frac{\delta(s)}{\gamma(s)}}{1 \pm \frac{p(s)}{q(s)}} = \frac{Y(s)}{1 \pm F(s)} \quad (1)$$

În relaţiile de mai sus s-au introdus următoarele notaţii :

$$F(s) = K \frac{\delta(s)}{\gamma(s)} \cdot \frac{\nu(s)}{\theta(s)}; \; p(s) = K_d K_i \delta(s) \nu(s)$$

şi $q(s) = \gamma(s)\, \theta(s)$. Semnul plus pentru reacţia negativă şi invers.

Locul rădăcinii este curba descrisă în planul s de rădăcinile polinomului $1 \pm F(s)$, adică de polii funcţiei de transfer a circuitului închis

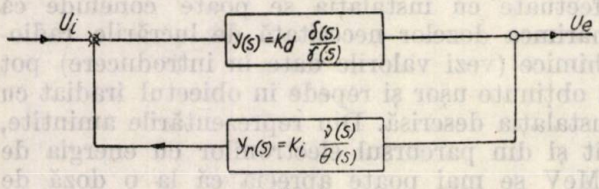


Fig. 1.

$Y_0(s)$ în funcţie de factorul $K = K_d K_i$ definit mai sus.

Polii funcţiei de transfer al sistemului închis $F_{in}(s)$ sînt rădăcinile numitorului ecuaţiei (1). Deci, locul rădăcinii este determinat de ecuaţia :

$$F(s) = \pm 1 \quad (2)$$

Ecuaţia de bază (2) poate fi scrisă în mai multe feluri, obţinîndu-se astfel egalităţi pe baza cărora să se poată construi locul rădăcinii.

*) Ing. D. DAMSKER, laureat al Premiului de Stat, este şeful secţiei de acţionări electrice la Institutul de cercetări electrotehnice şi membru al Comisiei de automatizare a Academiei R.P.R.

Mărimea complexă $F(s)$ satisface egalitatea (2) dacă are argumentul $(\vartheta + i\,360°)$, unde i este un număr întreg şi unde ϑ este egal cu 180° pentru reacţie negativă şi zero pentru reacţie pozitivă. Rezultă deci din (2) alte două egalităţi care trebuie satisfăcute simultan :

$$F(s) = \vartheta + i\,360° \quad (3)$$

şi

$$F(s) = 1. \quad (4)$$

Deoarece factorul K nu contribuie cu nimic la argumentul (faza) lui $F(s)$, se pot lua deci pentru locul căutat, acele puncte din planul s care satisfac condiţia de unghi (3), acestora putîndu-li-se asocia totdeauna o valoare corespunzătoare pentru K, astfel ca să fie satisfăcută simultan şi relaţia de modul (4).

Locul rădăcinii mai poate fi exprimat analitic astfel : fie $z_k = a_k + jb_k$ zerourile lui $F(s)$ (k putînd lua valori întregi de la 1 la m) şi $p_l = a_l + jb_l$ polii aceleiaşi funcţii cu 1 de la 1 la n. Atunci ecuaţia (3) se mai poate scrie, notînd $s = \sigma + j\omega$, sub forma :

$$\sum_{k=1}^{m} \operatorname{arc\,tg} \frac{\omega - b_k}{\sigma - a_k} - \sum_{l=1}^{n} \operatorname{arc\,tg} \frac{\omega - b_l}{\sigma - a_l} = \vartheta + i\,360° \quad (5)$$

obţinîndu-se astfel o altă exprimare, carteziană, a locului rădăcinii.

2. Locul rădăcinii pentru reglarea electronică a turaţiei grupului $G-M$

Cascada elementelor de automatizat la agregatul $G - M$ are funcţia de transfer :

$$Y(s) = \frac{K_d}{\prod_{x=1}^{x} (1 + s t_x) \prod_{k=1}^{k} (1 + s T_k)}. \quad (6)$$

S-au notat cu T_k constantele de timp mari şi cu t_x constantele de timp mici din sistem. Pentru început se vor considera sistemele electronice sau asimilate cu ele cu cel mult două constante T_k ($k = 1,2$), constantele $T_g = T_1$ şi $T_m = T_2$ ale excitaţiei generatorului şi electromecanică.

Constantele de timp mici (de exemplu : constanta inductanţei de scăpări a maşinilor electrice, constanta filtrelor eventuale, constantele amplidinei etc.) trebuie să îndeplinească condiţia :

$$\sum_{x=1}^{x} t_x \ll T_k \quad \text{pentru } k = 1,2. \quad (7)$$

Pentru concretizare se va considera schema principială electrică din fig. 2. În această schemă rolul de reglare și amplificare îl are amplificatorul electronic; amplidina servește numai ca amplificatoare de putere și pentru aceasta i se pot

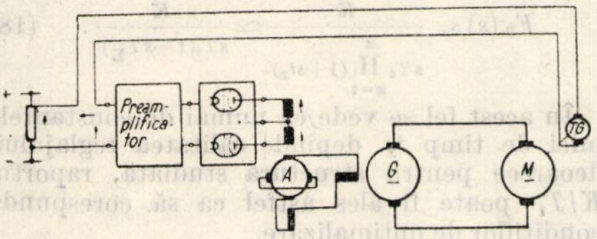


Fig. 2.

atribui constante de timp foarte reduse. Conform notațiilor de mai sus, diversele funcții de transfer au aici următoarele expresii :

$$Y(s) = \frac{K_d}{(1 + T_\Sigma s)(1 + T_g s)(1 + T_m s)}; \; Y_r(s) = k_i \quad (8)$$

unde $T_\Sigma = \sum_{x=1}^{x} t_x$.

S-a presupus că preamplificatorul este lipsit de elemente de corecție.

Funcția de transfer $F(s)$ a sistemului deschis pentru care urmează a se construi locul rădăcinii este

$$F(s) = \frac{K_1}{(s + p_1)(s + p_2)(s + p_3)}. \quad (9)$$

În relația de mai sus s-au făcut următoarele notații :

$$K_1 = K_d \cdot K_i / T_\Sigma \cdot T_g \cdot T_m \text{ și } p_1 = 1/T_g, \; p_2 = 1/T_m, \; p_3 = 1/T_\Sigma.$$

Se atribuie următoarele valori numerice : $T_g = 2\ s$, $T_m = 1\ s$ și $T_\Sigma = 0{,}03$. Cu aceste valori numerice, funcția de transfer devine :

$$F(s) = \frac{K_1}{(s + 33)(s + 1)(s + 0{,}5)} = \left[\frac{p(s)}{q(s)}\right]. \quad (10)$$

Fig. 3 reprezintă construcția locului rădăcinii pentru funcția de mai sus.

Argumentele asimptotelor ramurilor sînt : $+ 180°/3 = + 60°$, $- 180°/3 = - 60°$ și $540°/3 = 180°$.

Punctele de pe axa reală între $-0{,}5$ și -1 au unghiurile vectorilor din polii -33 și -1 zero, iar unghiul vectorului din polul $-0{,}5$ este 180°, încît aceste puncte corespund locului. La fel se constată că punctele reale între -33 și $-\infty$ corespund locului și constituie ramura cu argumentul constant 180°.

Celelalte două ramuri pleacă din polii -1 și $-0{,}5$ și se depărtează de axa reală spre asimptote.

Se poate demonstra că rădăcinile complexe descriu o ramură de hiperbolă.

Ecuația hiperbolei este :

$$\left(\sigma + \frac{p_1 + p_2 + p_3}{3}\right)^2 - \frac{\omega^2}{3} =$$

$$= \frac{1}{9}(p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 - p_1 p_2 - p_2 p_3 - p_3 p_1). \quad (11)$$

Intersecția asimptotelor are loc în

$$\sigma_1 = -\frac{p_1 + p_2 + p_3}{3} = -\frac{34{,}5}{3} = -11{,}5.$$

Numai ramura cu linie plină în fig. 3 corespunde locului rădăcinii, deoarece suma rădăcinilor este mereu constantă, independentă de K_1, încît atunci cînd rădăcina de pe axa reală se depărtează spre $-\infty$, rădăcinile complexe trebuie să se miște spre dreapta.

Polii sistemului închis se vor plasa pe cele trei ramuri. Dintre aceștia, cel plasat pe axa reală are o importanță minoră căci constanta de timp corespunzătoare lui fiind foarte mică efectul ei se stinge repede. Ramurile polilor complecși conjugați sînt foarte apropiate de axa ordonatelor, încît sistemul închis devine nestabil pentru o valoare relativ mică a lui K_1 ($K_1 \simeq 100$).

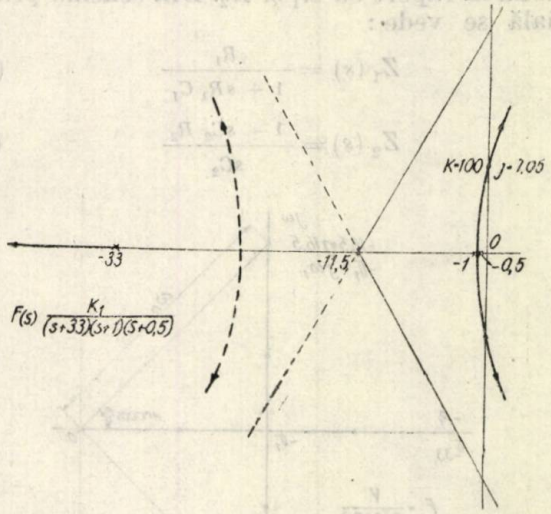


Fig. 3.

3. Regulatorul electronic *PID* la reglarea turației motorului alimentat de generator separat

Pentru a menține factorul de amplificare al sistemului deschis $K \simeq 100$, dar cu o rezervă de stabilitate suficientă, este necesar să se introducă elemente de compensație, deci este necesar să se aducă unele modificări preamplificatorului.

Un caz limită al acestei metode este anularea polilor mici printr-un preamplificator cu comportare *PID*. Se va trata mai întîi această metodă de compensare, deoarece duce la o construcție simplă a locului rădăcinii.

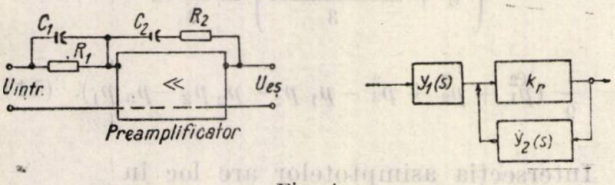


Fig. 4.

Este cunoscut [6], [7] că regulatoarele electronice pot fi construite astfel ca să corespundă la o funcție de transfer de forma :

$$F_r = \frac{1}{sT_i} \prod_{k=1}^{k} (1 + s\tau_k) \qquad (12)$$

unde T_i este constanta elementului de integrare, iar τ_k — constantele elementelor P, D.

Schema principială și funcțională a regulatorului este dată în fig. 4. Admițînd $K_r \gg 1$, conform schemei funcționale se vede că :

$$F_r(s) = Y_1(s) \frac{K_r}{1 + K_r Y_2(s)} \simeq \frac{Y_1(s)}{Y_2(s)} \simeq \frac{Z_2(s)}{Z_1(s)}. \qquad (13)$$

Notațiile sînt cele de pe figură, iar $Z_1(s)$ și $Z_2(s)$ sînt impedanțele complexe ale circuitelor RC serie și paralel. S-a considerat că rezistența sursei tensiunii de intrare este neglijabilă în raport cu R_1 și R_2. Din schema principială se vede :

$$Z_1(s) = \frac{R_1}{1 + sR_1C_1} \qquad (14)$$

$$Z_2(s) = \frac{1 + sC_2R_2}{sC_2} \qquad (15)$$

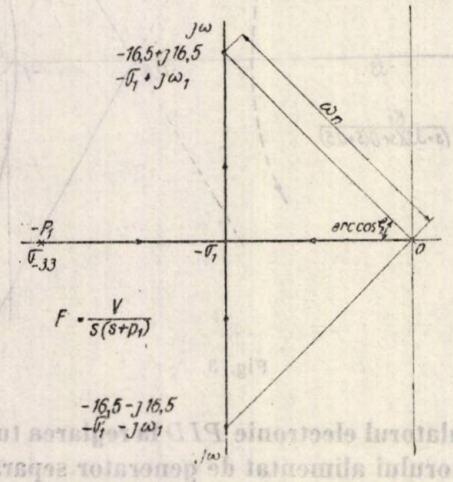


Fig. 5.

Înlocuind în relația (13) se obține :

$$F_r(s) = \frac{(1+sR_1C_1)(1+sC_2R_2)}{sR_1C_2} = \frac{(1+s\tau_1)(1+s\tau_2)}{sT_i}. \qquad (16)$$

S-a notat : $\tau_1 = R_1C_1$, $\tau_2 = R_2C_2$ și $T_i = R_1C_2$

Admițînd pentru corecția sistemului :

$$\tau_k = T_k \text{ pentru } k = 1,2 \qquad (17)$$

funcția de transfer a sistemului deschis, ținînd seama de expresiile (6), (12) și (17) devine :

$$F_\Phi(s) = \frac{K}{sT_i \prod_{x=1}^{x} (1+sl_x)} \simeq \frac{K}{sT_i(1+sT_\Sigma)}. \qquad (18)$$

În acest fel se vede că numai de constantele mici de timp t_x depinde calitatea reglajului, deoarece pentru structura studiată, raportul K/T_i poate fi ales astfel ca să corespundă condițiilor de optimalizare.

4. Locul rădăcinii pentru corecția *PID* la reglarea turației grupului *G—M*

Se notează $V = K/T_iT_\Sigma$ (19) și relația (18) devine :

$$F(s) = \frac{V}{s(s+p_1)}. \qquad (19)$$

Fig. 5 reprezintă locul rădăcinii. Se vede imediat că locul va avea două ramuri care

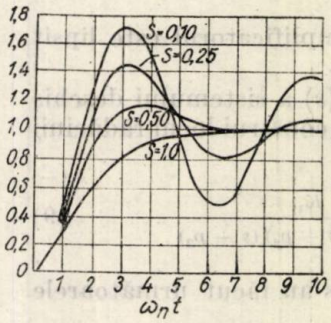


Fig. 6.

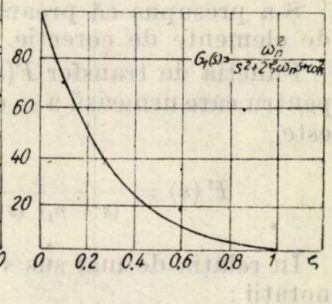


Fig. 7.

pentru $V = 0$ pleacă din polii lui $F(s)$ și anume $s = 0$ și $s = -p_1$, la creșterea lui V se mută pe axa reală în sensuri contrare și la $\sigma_1 = -p_1/2$ se despart la 90° de axa reală. Pentru $V > \sigma_1^2$, sistemul închis devine un element oscilator cu funcția de transfer :

$$Y_0(s) = \frac{V}{(s+\sigma_1+j\omega_1)(s+\sigma_1-j\omega_1)} = \frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega n^s+\omega_n^2} \qquad (20)$$

(Semnificația notațiilor este cea din figură).

Pentru elementul oscilator, procesul tranzitoriu la mărime de intrare în treaptă este cunoscut și a fost reprodus în fig. 6, iar în fig. 7 s-a reprodus diagrama depășirii de reglaj în funcție de ζ ambele după [1]. Din fig. 6 și 7 se poate alege valoarea lui ζ cea mai convenabilă față de condițiile sistemului, și se poate deduce valoarea pentru T_i, care va satisface aceste condiții. Ținînd seama de relațiile :

$$T_i = K/V\,T_\Sigma,\ V = \omega_n^2,\ \zeta = \sigma_1/\omega_n,\ \sigma_1 = 1/2\,T_\Sigma \qquad (21)$$

rezultă :

$$T_i = 4K\zeta^2 T_\Sigma \qquad (22)$$

Alegînd pentru arcos ζ valoarea 45°, deci $\zeta = \sqrt{2}/2$, se va ajunge la o depăşire de 5% cu un timp de răspuns egal cu $3{,}5 \times \sqrt{2} \times T_\Sigma$ cu condiţia ca să se potrivească constantele de timp ale regulatorului la valorile :

$$\tau_1 = T_g \quad \tau_2 = T_m \quad T_i = 2\,K\,T_\Sigma. \qquad (23)$$

Cu condiţia că factorul de amplificare al preamplificatorului este foarte mare factorul K al celorlalte elemente din sistem poate avea o valoare redusă şi oarecare. Eroarea staţionară la un semnal-rampă nu depinde de K ci de $1/2T_\Sigma$.

Pentru exemplul numeric tratat în secţia 2, rezultă că pentru depăşire 5%, amplificare $K = 10$ timp de răspuns 0,15 s, T_i trebuie să aibă valoarea

$$T_i = 2 \times 10 \times 0{,}03 \text{ s}. \qquad (24)$$

Condiţiile de potrivire (23) sînt identice cu condiţiile de „optimalizare după modul" [6] şi [7]. La criteriul „optimalizării după modul" s-a ajuns, plecîndu-se de la consideraţiile făcute de Whiteley asupra modulului funcţiei de frecvenţă Y_0 (jω) a sistemului închis, deci de la cu totul alte baze.

Metoda simplă de potrivire a constantei de timp expusă cu ajutorul comparaţiei cu elementul oscilator are avantajul că dă posibilitatea alegerii parametrilor şi pentru sisteme la care se doreşte fie rapiditate mai mare, fie depăşire mai mică.

5. „Locul rădăcinii" pentru corecţie serie derivativă la reglarea turaţiei

În vederea unei analize mai largi a posibilităţilor de compensare la reglarea electronică a turaţiei se va studia influenţa unui zero real introdus în apropierea polilor mici şi în stînga lor.

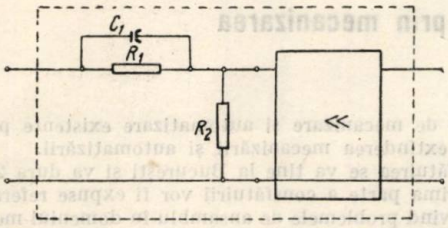


Fig. 8.

Se va construi locul rădăcinii pentru circuitul corectat cu un element anticipativ a cărui schemă principială este în fig. 8 cu funcţia de transfer

$$F_c(s) = \frac{T_2}{T_1}\frac{1+sT_1}{1+sT_2} = \frac{R_1}{R_1+R_2}\,\frac{1+sR_1C_1}{1+s\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}C_1}. \qquad (25)$$

Se adoptă $T_1 = 0{,}25\ s$ şi $T_2 = 0{,}025\ s$.

Cu aceste valori, locul rădăcinii trebuie construit pentru funcţia de transfer a sistemului deschis :

$$F_\vartheta(s) = \frac{V\,(s+4)}{(s+40)\,(s+33)\,(s+1)\,(s+0{,}5)}. \qquad (26)$$

Locul rădăcinii pentru funcţia de mai sus se vede în fig. 9.

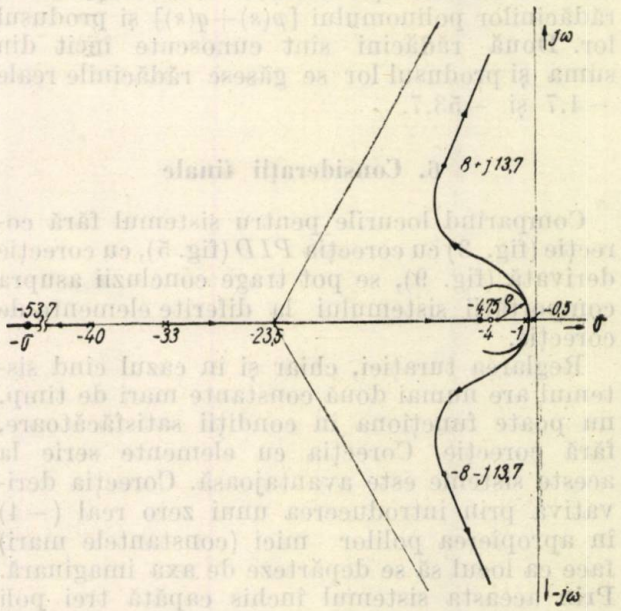


Fig. 9.

Locul are $n - m = 3$ ramuri. Asimptotele vor avea unghiurile +60°, − 60°, 180°.

Intersecţia asimptotelor se găseşte pe axa reală în punctul (σ_1, j0) a cărui parte reală este dată de expresia :

$$\sigma_1 = \frac{\sum_{l=1}^{l=n} p_1 - \sum_{k=1}^{k=m} z_k}{n-m} = -23{,}5.$$

Pe axa reală, punctele între −0,5 şi −1, între −33 şi −4 şi de la −40 la $-\infty$ corespund locului.

Între −0,5 şi −1, pornesc două ramuri la 90° de axa reală dintr-un punct σ_0.

Punctul (σ_0, j0) de unde se despart ramurile polilor complecşi satisface ecuaţia [3] :

$$\sum_{k=1}^{m}\frac{1}{\sigma_0 - a_k} - \sum_{l=1}^{n}\frac{1}{\sigma_0 - a_1} = 0. \qquad (27)$$

În jurul axei reale locul poate fi asimilat cu un cerc de rază ρ a cărei expresie este [3] :

$$\rho = \frac{3}{2}\,\frac{\sum_{x=1}^{m}\frac{1}{(\sigma_0 - a_k)^2} - \sum_{l=1}^{n}\frac{1}{(\sigma_0 - a_k)^2}}{\sum_{k=1}^{m}\frac{1}{(\sigma_0 - a_k)^3} - \sum_{l=1}^{n}\frac{1}{(\sigma_0 - a_1)^3}}. \qquad (28)$$

Cu valorile numerice ale sistemului studiat, ρ are valoarea $+3$, semnul indică poziția centrului cercului ca fiind la stînga lui σ_0.

Pentru $K = 100$ corespunzător $V = 16\,500$ se găsește că polii complecși ai sistemului închis sînt : $-8 \pm j\ 137$. Ceilalți doi poli au valori reale și se găsesc respectiv pe ramura de la -40 la $-\infty$ și de la -33 la -4. Valorile lor se calculează ușor deoarece se cunoaște suma rădăcinilor polinomului $[p(s)+q(s)]$ și produsul lor. Două rădăcini sînt cunoscute încît din suma și produsul lor se găsesc rădăcinile reale $-4{,}7$ și $-53{,}7$.

6. Considerații finale

Comparînd locurile pentru sistemul fără corecție (fig. 3) cu corecția *PID* (fig. 5), cu corecție derivată (fig. 9), se pot trage concluzii asupra comportării sistemului la diferite elemente de corecție.

Reglarea turației, chiar și în cazul cînd sistemul are numai două constante mari de timp, nu poate funcționa în condiții satisfăcătoare, fără corecție. Corecția cu elemente serie la aceste sisteme este avantajoasă. Corecția derivativă prin introducerea unui zero real (-4) în apropierea polilor mici (constantele mari) face ca locul să se depărteze de axa imaginară. Prin aceasta sistemul închis capătă trei poli (polul $-53{,}7$ poate fi complet neglijat).

Deoarece polul $-4{,}7$ stinge influența zeroului -4 în funcția de transfer a sistemului închis, rezultă că sistemul se comportă aproximativ ca și elementul oscilator. Depășirea nu va fi mai mare ca 20%. Timpul de răspuns este mărit de polii de pe axa reală.

Regulatorul *PID* îmbunătățește mult funcționarea sistemului la variația în treaptă a semnalului de comandă. La ajustarea optimală după modul, timpul de răspuns se scurtează la circa 0,15 s, eroarea staționară practic se anulează (servomecanism de gradul I), depășirea este mai mică decît 5% și oscilațiile sînt repede amortizate. Aceste rezultate arată că regulatorul *PID* se potrivește cel mai bine la reglarea turației la grupul *GM* care are numai două constante mari de timp. Reacția de integrare amortizează armonicile superioare ale preamplificatorului, avînd și în acest sens un efect binevenit.

BIBLIOGRAFIE

[1] TRUXAL, G. J. : *Automatic Feedback Control System Synthesis.* Mc GRAW – Hill Book Company, N. Y., 1955.

[2] BLOEDT, K. : *Die Wurzelortskurventheorie.* Regelungstechnik Heft 10, 1956.

[3] FÖLLINGER, O. : *Über die Bestimmung der Wurzelortskurve* Regelungstechnik Heft 12, 1958.

[4] GILLE, C. J., PELEGRIN M., DECAULINE P. : *Théorie et technique des asservissements.* Dunod, Paris. 1956.

[5] BRUMBY, G. : *Der Geregelte Leonardantrieb.* AEG Mitt. 45 (1955) 1/2.

[6] KESSLER, C. : *Über die Vorausberechnung optimal abgestimmter* Regelkreise. Regelungstechnik H. 12/1954, H. 1,2/1955.

[7] KESSLER, C. : *Das Symmetrische Optimum.* Regelungstechnik, H. 11, 12/1958.

[8] MAIOROV, V. F. : *Electronie Regulatorti.* Gostehizdat Moscova, 1956.

Consfătuire cu tema „Creșterea productivității muncii prin mecanizarea și automatizarea proceselor de producție"

Creșterea productivității muncii constituie sarcina centrală a economiei ; apreciind că una din cele mai importante căi pentru creșterea productivității muncii o constituie automatizarea și mecanizarea producției și că în această privință inginerilor și tehnicienilor le revine un rol principal, Consiliul Central A.S.I.T. a hotărît ținerea – la începutul anului 1960 – a unei consfătuiri cu tema :

„Creșterea productivității muncii prin mecanizarea și automatizarea proceselor de producție".

La consfătuire se vor analiza realizările obținute în R.P.R. în acest domeniu, se vor indica căile cele mai potrivite pentru dezvoltarea mecanizării și automatizării în diferite ramuri ale economiei naționale.

Consfătuirea urmărește totodată să stimuleze și să intensifice preocupările inginerilor, tehnicienilor și cadrelor din economie pentru utilizarea mai bună și perfecționarea mijloacelor de mecanizare și automatizare existente precum și pentru extinderea mecanizării și automatizării.

Consfătuirea se va ține la București și va dura 2–3 zile.

În prima parte a consfătuirii vor fi expuse referate generale privind problemele de ansamblu în domeniul mecanizării și automatizării proceselor de producție, iar în a doua parte se vor ține ședințe pe ramuri unde se vor prezenta referate și comunicări privind problemele specifice ale mecanizării și automatizării în ramura respectivă.

Filialele și cercurile A.S.I.T. sînt invitate pe această cale să mobilizeze pe inginerii și tehnicienii din producție, cadrele didactice din institutele politehnice, proiectanții și cercetătorii, la întocmirea de comunicări.

Filialele vor întocmi referate privind studiul mecanizării și automatizării proceselor de producție, greutăți și lipsuri în acest domeniu și propuneri de măsuri pentru extinderea mecanizării și automatizării.

ANIBAL ZAHARESCU şi EUDOXIU PROCOPOVICI*)

Analiza şi calculul detectorului „în inel" folosit în amplificatorii tensometrici

CZ 621.376.4:621.317.39:620.172.216

În cele ce urmează se studiază detectorul sensibil la fază, a cărui schemă clasică este arătată în fig. 1. Acest tip de detector este larg întrebuinţat în aparatura electronică de tensometrie [2] şi în acest specific este dezvoltat studiul. Se urmăreşte analiza funcţională a circuitului în scopul determinării relaţiilor care leagă curentul I_0 prin sarcina R_s în funcţie de tensiunile şi de parametrii circuitului.

În literatură schema este cercetată mai cu seamă sub aspectul utilizării ei ca modulator şi demodulator de frecvenţă. Încercarea de a rezolva dificultăţile introduse de elementele neliniare a constat în adoptarea unor scheme echivalente foarte simplificate (liniarizarea cir-

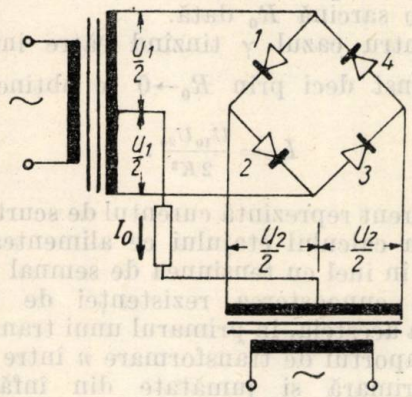


Fig. 1. Schema clasică a detectorului sensibil la fază

cuitului, aproximarea prin linii frînte a caracteristicii tensiune-curent [1] etc)

S-a încercat de asemenea aproximarea caracteristicii tensiune-curent prin funcţii exponenţiale [3], [4]. În acest ultim caz se obţin relaţii foarte complicate greu de folosit în calcul.

Ipotezele în cazul cărora ne situăm sînt următoarele :

a) Caracteristica tensiune-curent a elementelor neliniare se presupune patratică în porţiunea de conducţie.

$$u = K \sqrt{i} \qquad (1)$$

Aceasta reprezintă o bună aproximaţie mai ales pentru diodele cu germaniu (fig. 3).

b) Sarcina se presupune a fi rezistivă.

c) Se neglijează inductanţele de scăpări ale transformatorilor.

d) Se neglijează rezistenţa internă a generatorului tensiunii u_1 (tensiune pilot).

Ipoteza (d) este justificată de folosirea foarte largă a repetorului catodic ca sursă pentru tensiunea u_1.

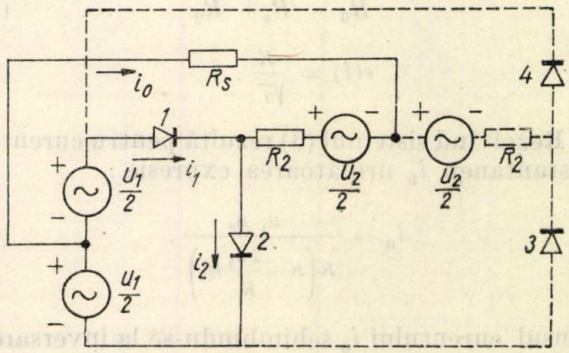


Fig. 2. Schema echivalentă fig. 1.

Schema echivalentă a circuitului arătat în fig. 1 se poate aduce la schema din fig. 2, observîndu-se că la sensul ales al tensiunilor u_1 (tensiune pilot) şi u_2 (tensiunea semnalului) dioda (4) este închisă.

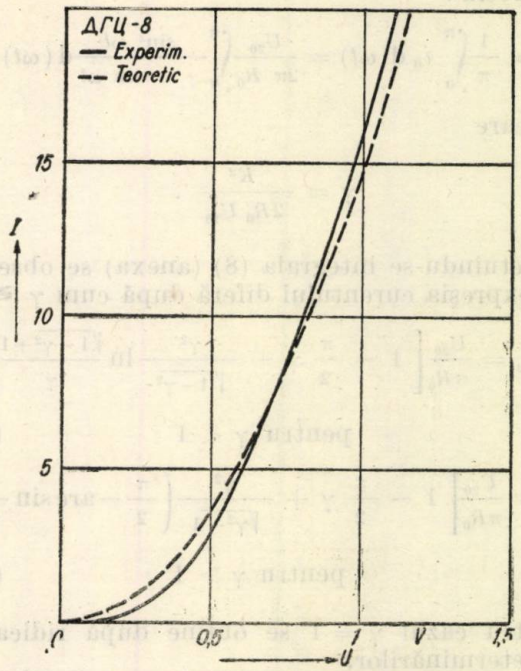


Fig. 3. Caracteristica tensiune-curent a elementelor neliniare

Pentru valorile tensiunilor u_1 şi u_2 care satisfac relaţia

$$u_2 \leqslant u_1 \frac{r(i_2)}{r(i_1) + r(i_2)} - \frac{R_2}{2} i_0 \qquad (2)$$

*) Ing. A. ZAHARESCU şi ing. E. PROCOPOVICI sînt cercetători la Institutul de Mecanică Aplicată „Traian Vuia" al Academiei R.P.R.

dioda (3) este închisă, situație ce asigură liniaritatea dependenței componentei continue a curentului i_0 notată prin I_0, de tensiunea u_2.

În aceste condiții ecuațiile circuitului vor fi :

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{2}(u_1-u_2) &= i_1 \cdot r(i_1) - i_0 R_0 \\ u_1 &= i_1 \cdot r(i_1) + i_2\, r(i_2) \\ i_0 + i_1 - i_2 &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

în care

$$R_0 = R_s + R_2 \quad (4)$$

$$r(i) = \frac{K}{\sqrt{i}} . \quad (5)$$

Rezolvînd sistemul (3) rezultă pentru curentul instantaneu i_0 următoarea expresie :

$$i_0 = \frac{u_1 u_2}{K\left(K + \frac{2u_1}{K} R_0\right)} . \quad (6)$$

sensul curentului i_0 schimbîndu-se la inversarea fazei tensiunii de semnal u_2. Admițînd că circuitul este alimentat cu tensiuni sinusoidale :

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= U_{10} \sin \omega t \\ u_2 &= U_{20} \sin \omega t \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

se obține pentru componenta continuă I_0 expresia :

$$I_0 = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} i_0 \, \mathrm{d}(\omega t) = \frac{U_{20}}{2\pi R_0}\int_0^{\pi} \frac{\sin^2 \omega t}{\gamma + \sin \omega t}\mathrm{d}(\omega t) \quad (8)$$

în care

$$\gamma = \frac{K^2}{2R_0 U_{10}} . \quad (9)$$

Efectuîndu-se integrala (8) (anexa) se observă că expresia curentului diferă după cum $\gamma \gtrless 1$:

$$I_0 = \frac{U_{20}}{\pi R_0}\left[1 - \frac{\pi}{2}\gamma + \frac{\gamma^2}{\sqrt{1-\gamma^2}} \ln \frac{\sqrt{1-\gamma^2}+1}{\gamma}\right]$$

pentru $\gamma < 1$ (10)

$$I_0 = \frac{U_{20}}{\pi R_0}\left[1 - \frac{\pi}{2}\gamma + \frac{\gamma^2}{\sqrt{\gamma^2-1}}\left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arc\,sin}\frac{1}{\gamma}\right)\right]$$

pentru $\gamma > 1$ (11)

pentru cazul $\gamma = 1$ se obține după ridicarea nedeterminărilor,

$$I_0 = \frac{U_{20}}{\pi R_0}\left(2 - \frac{\pi}{2}\right) \quad (12)$$

expresiile (10) și (11) avînd aceeași limită.

Relațiile (10), (11), (12) arată o dependență liniară a curentului I_0 de tensiunea U_{20} pentru orice valoare γ cu condiția satisfacerii relației (2) care mai poate fi scrisă sub forma :

$$\frac{u_1}{u_2} = \beta \geqslant 2\,\frac{\gamma+1}{2\gamma+1} - \frac{R_2}{4R_0} \cdot \frac{\sin \omega t}{\gamma + \sin \omega t} . \quad (13)$$

Drept condiție mai simplă și în același timp valabilă pentru orice t, se poate adopta condiția :

$$\frac{u_1}{u_2} = \beta \geqslant \frac{2(\gamma+1)}{2\gamma+1} . \quad (13 \text{ bis})$$

Cazurile limită pot fi cu ușurință verificate pe schemele echivalente, corespunzător simplificate, ale circuitului.

a. Pentru γ tinzînd către 0 la $R_0 = \text{const}$, prin K^2/U_{10} (fie cazul unei tensiuni pilot mari, fie cazul unei rezistențe directe mici a semiconductorilor) se obține :

$$I_0 = \frac{U_{20}}{\pi R_0} \quad (14)$$

ceea ce reprezintă în același timp și curentul maxim ce se poate obține în porțiunea liniară pentru o sarcină R_0 dată.

b. Pentru cazul γ tinzînd către infinit la $\frac{K^2}{U_{10}} = \text{const}$ deci prin $R_0 \to 0$ se obține :

$$I_0 = \frac{U_{10} U_{20}}{2K^2} . \quad (15)$$

Acest curent reprezintă curentul de scurtcircuit.

Pentru calculul etajului ce alimentează detectorul în inel cu tensiunea de semnal u_2, este necesară cunoașterea rezistenței de intrare. Expresia acesteia, în primarul unui transformator cu raportul de transformare n între înfășurarea primară și jumătate din înfășurarea secundară, va fi :

$$R_{i_2} = n^2\left(R_0 \frac{\gamma + \sin \omega t}{\sin \omega t} - R_2\right) \quad (16)$$

cu observațiile că :

$$R_0 \geqslant R_2$$

iar $0 < \omega t < \pi$. (R_{i_2} este o funcție de perioadă π/ω).

Se consideră dată rezistența internă a generatorului în primarul transformatorului : $n^2 R_2$.

Expresia (16) poate fi dedusă, observînd că pulsurile i_0 traversează alternativ cele două jumătăți ale înfășurării secundare în sensuri contrare, din :

$$R_{i_2} = n^2 u_2 / 2 i_0 - n^2 R_2 .$$

Rezultatele obținute mai sus au fost supuse unei verificări experimentale. Astfel s-a realizat schema din fig. 1, alimentarea făcîndu-se cu tensiunea alternativă de 50 Hz. Ca elemente redresoare s-au folosit diode cu germaniu de tip ДГЦ-8$\left(K = 0{,}26\,\frac{\text{V}}{\text{mA}^{1/2}}\right)$.

În fig. 4 se prezintă rezultatele experimentale în comparație cu cele teoretice, în ceea ce privește dependența curentului de tensiunea de semnal U_{20}, pentru diferite valori ale sarcinii.

Prima porțiune delimitată de linia AB reprezintă regiunea dependenței liniare a curentului de tensiunea de semnal. În cea de a doua

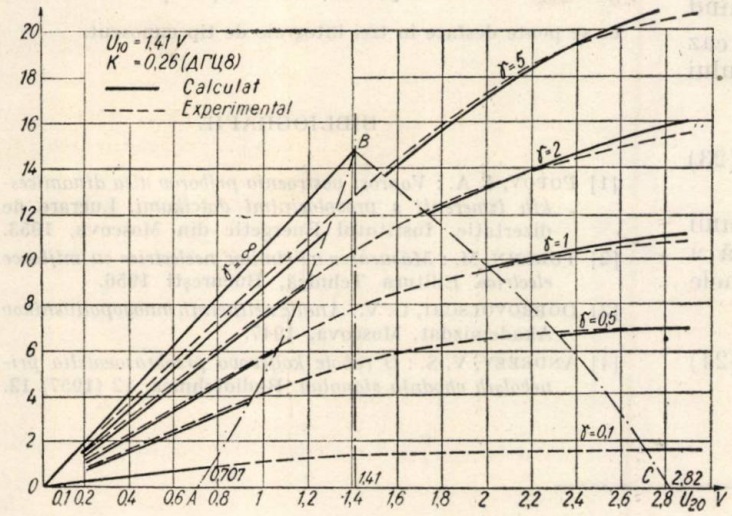


Fig. 4. Dependența curentului de tensiune de semnal pentru diferite valori ale sarcinii.

porțiune delimitată de liniile AB și BC dependența I_0 (U_{20}) devine neliniară. În această porțiune lucrează 3 elemente redresoare. Linia BC marchează schimbarea rolului între tensiunile u_1 și u_2. Dacă în prima porțiune notăm :

$$I_0 = U_{20} S(\gamma) \qquad (17)$$

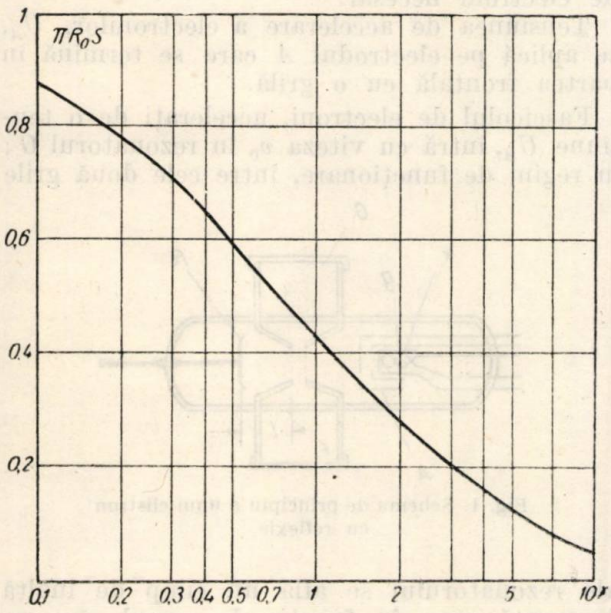


Fig. 5. Curba $\pi R_0 S(\gamma)$

în cea de a treia expresia curentului devine :

$$I_0 = U_{10} S(\gamma) \qquad (18)$$

în care U_{10} = const, iar $\gamma = K^2/2U_{20}R_0$.

Se observă astfel că I_0 depinde de U_{20} prin intermediul lui γ. Curentul se limitează la valoarea :

$$I_{0L} = U_{10}/\pi R_0 \qquad (19)$$

pentru $U_{20} > U_{10}$

În fig. 6 sînt prezentate oscilogramele curentului i_0 prin sarcină.

Din cele de mai jos se pot trage următoarele concluzii :

a) În cazul sarcinii rezistive și a elementelor cu caracteristica tensiune-curent patratică, se poate obține teoretic, o dependență strict liniară a curentului I_0 de tensiunea de semnal U_{20}.

b) Funcționarea liniară a inelului are

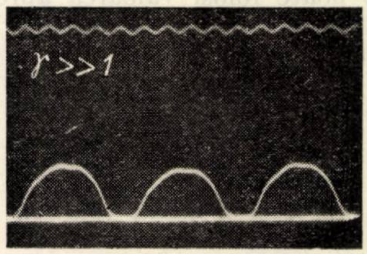


Fig. 6. Oscilogramele curentului i_0 prin sarcină.

loc numai în domeniul valorilor raportului u_1/u_2 date de inegalitatea (13 bis).

c) Limitarea curentului I_0 care are loc la valoarea dată de (19) este importantă pentru protecția sarcinii (instrumente, vibratori magnetici etc.) în cazul creșterii accidentale a tensiunii u_2, ce poate fi provocată în amplificatorii tensometrici, de întreruperea unui braț al punții.

Pentru calculele practice recomandăm a se proceda după indicațiile de mai jos :

Datele de calcul sînt constituite de :

rezistența de sarcină R_s (kΩ) a instrumentului indicator ;

curentul maxim admisibil $I_{0\,max}$ (mA) ;

sensibilitatea necesară $S = \frac{I_0}{U_{20}}$ mA/V.

Din condiția $I_{0L} \leqslant I_{0\,max}$ se calculează tensiunea pilot maximă :

$$U_{10} \leqslant \pi R_0 I_{0\,max} \qquad (20)$$

care asigură protecția sarcinii.

Pentru realizarea sensibilității S din curba $\pi R_0 S(\gamma)$ (fig. 5) rezultă γ din care se calculează valoarea necesară pentru K

$$K = \sqrt{2 R_0 U_{10} \gamma}. \qquad (21)$$

Întrucît pentru K dispunem numai de cîteva valori ce corespund diferitelor tipuri de semiconductori, se alege valoarea cea mai apropiată și se verifică tot cu ajutorul curbei $\pi R_0 S(\gamma)$ sensibilitatea ce se poate realiza.

Semnalul maxim necesar funcţionării în porţiunea liniară este dat de expresia :

$$U_{20\,max} = \frac{U_{10}\,(2\gamma + 1)}{2(\gamma + 1)}. \qquad (22)$$

Elementele redresoare trebuie verificate în ceea ce priveşte curentul maxim ce ar putea fi provocat de creşterea accidentală a tensiunii u_2. Această tensiune U_{20}^{ac} se apreciază ţinînd seama de limitarea pe tubul final. În acest caz valoarea maximă aproximativă a curentului prin elementul redresor va fi :

$$i_{ac} = \left(\frac{U_{20}^{ac}}{2K}\right)^2 \qquad (23)$$

Pentru calculul etajului generator al tensiunii pilot se poate folosi valoarea aproximativă a rezistenţei de intrare a inelului la bornele 1—1 (fig. 1) dată mai jos :

$$R_{1-1} = \frac{4K^2}{U_{10}\sin\omega t} \quad 0 < \omega t < \pi \qquad (24)$$

ANEXĂ

Pentru calculul integralei (8) se foloseşte substituţia :

$$\gamma + \sin\omega t = x$$

după care se obţine :

$$I_0 = \frac{U_{20}}{\pi R_0}\int_{\gamma}^{\gamma+1} \frac{(x^2 - 2\gamma x + \gamma^2)\,dx}{x\sqrt{-x^2 + 2\gamma x - \gamma^2 + 1}}$$

ce se poate desface în trei integrale de tip cunoscut.

BIBLIOGRAFIE

[1] POPOV, I. A. : *Voprosi postroenia priborov dlea dinamicheskih izmerenii s provolocinimi datcikami.* Lucrare de dizertaţie, Institutul Energetic din Moscova, 1953.

[2] TURICIN, M. : *Măsurarea mărimilor neelectrice cu mijloace electrice.* Editura Tehnică, Bucureşti 1956.

[3] DOBROVOLSCHI, G. V.: *Analiz nelineinîh mnogopoliusnikov* Akademizdat, Moscova, 1947.

[4] ANDREEV, V. S. : *O rabote kolţevovo preobrazovatelia prinebolşih vhodnîh signalah.* Radiotehnica, 12 (1957) 12.

NICOLAE MARTALOGU, MIHAI MOLEA şi NICOLAE SCÎNTEIE*)

Clistronul cu reflexie ca generator de impulsuri în domeniul nanosecundelor**)

CZ 621.373.423 :621.374

În articol se descrie o metodă originală de folosire a clistronului generator cu reflexie pentru obţinerea impulsurilor de durată foarte scurtă ($\sim 10^{-9}$s).

Aceasta se realizează prin aplicarea unor tensiuni pe reflector şi rezonator în aşa fel, încît să se poată obţine un singur domeniu de oscilaţii ale clistronului. Oscilaţiile obţinute sînt detectate, iar curentul detectat se formează, cu ajutorul unei linii de formare.

1. Clistronul cu reflexie şi funcţionarea lui

Schema de principiu a unui clistron cu reflexie este arătată în fig. 1. El se compune dintr-un catod K, un electrod de accelerare A, un rezonator G şi un reflector R, închise într-un balon de sticlă vidat.

Catodul cu încălzire indirectă K se introduce de obicei într-un tub metalic g, cu ajutorul căruia se focalizează curentul de electroni, emişi de catod. Pe tubul g se aplică o tensiune negativă şi puţin pozitivă, în funcţie de curentul de electroni necesar.

Tensiunea de accelerare a electronilor, U_A, se aplică pe electrodul A care se termină în partea frontală cu o grilă.

Fascicolul de electroni, accelerat de o tensiune U_A, intră cu viteza v_0 în rezonatorul G; în regim de funcţionare, între cele două grile

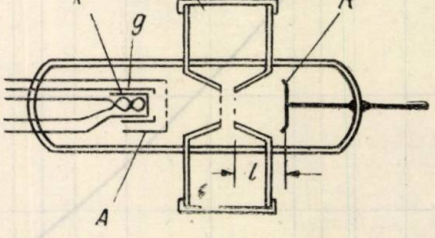


Fig. 1. Schema de principiu a unui clistron cu reflexie.

ale rezonatorului se află un cîmp de înaltă frecvenţă care, în funcţie de sensul său, va accelera sau va frîna electronii în aşa fel, încît din rezonator ei vor ieşi cu viteze diferite.

După rezonator, la o distanţă l, se află electrodul reflector R. Pe el se aplică o tensiune negativă faţă de catod, destul de mare, astfel

*) Conf. N. MARTALOGU este şef de colectiv, iar ing. M. MOLEA şi ing. N. SCÎNTEIE sînt ingineri în secţie la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

**) Comunicată în ziua de 20 ianuarie 1959, în cadrul şedinţelor de comunicări ale Institutului de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

încît între rezonator şi reflector să existe un cîmp magnetic de frînare.

Sub acţiunea acestui cîmp electronii se opresc, fără ca să ajungă la reflector, şi se reîntorc, (se „reflectă") în rezonator. Deoarece electronii au viteze diferite, în deplasarea lor spre reflector şi invers, aceştia se vor strînge în grupuri diferite.

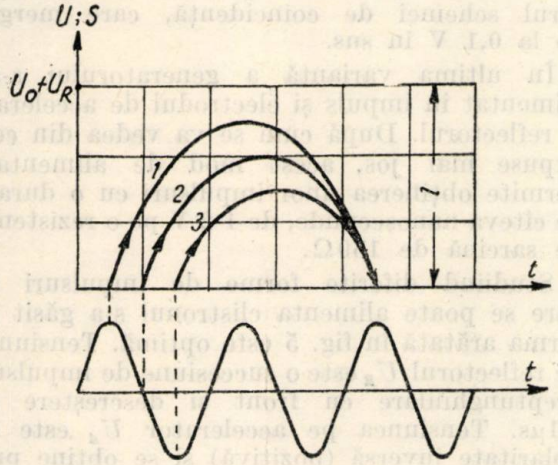


Fig. 2. Diagrama spaţială de modulare a electronilor în clistron în funcţie de timp.

La o alegere corectă a regimului de grupare a electronilor ei se vor reîntoarce în rezonator sub formă de grupuri în acele momente de timp, cînd cîmpul alternativ al rezonatorului va fi pentru ei un cîmp de frînare. În acest caz electronii vor ceda o bună parte din energia lor cinetică cîmpului electromagnetic, iar în rezonator se vor întreţine oscilaţii de înaltă frecvenţă neatenuate. Electronii încetiniţi, ieşind din rezonator în direcţia catodului, vor fi colectaţi la anod sau chiar în rezonator.

Procesul de grupare a electronilor în clistron este arătat în fig. 2. În partea de jos a acestui grafic este arătată variaţia tensiunii dintre grilele rezonatorului $E_G = E_{Gmax} \sin \omega t$.

Electronii, care trec prin rezonator atunci cînd $E_G = +E_{Gmax}$, vor căpăta o viteză în plus şi se vor apropia cel mai mult de reflector (curba *1*). Timpul de deplasare spre reflector şi înapoi va fi mai mare decît în cazul celorlalţi electroni, care trec în alte momente printre cele două grile. Într-adevăr, electronii care trec printre grilele rezonatorului atunci cînd $E_G = 0$ nu vor primi o viteză în plus, dar fiind frînaţi de acelaşi cîmp electric dintre rezonator şi reflector, vor parcurge acest drum într-un timp mai scurt (curba *2*). Electronii, care au trecut prin rezonator atunci cînd $E_G = -E_{Gmax}$ vor fi frînaţi şi de rezonator şi vor ajunge înapoi într-un timp şi mai scurt decît ceilalţi (curba *3*), astfel că toţi electronii emişi în intervalul de timp $E_G = E_{Gmax}$ pînă la $E_G = -E_{Gmax}$ se vor grupa în spaţiul dintre rezonator şi reflector şi vor sosi înapoi la rezonator toţi deodată. Mişcarea electronilor în intervalul de timp corespunzător de la $E_G = -E_{Gmax}$ pînă la $E_G = +E_{Gmax}$ nu prezintă importanţă, deoarece electronii se împrăştie pe drum şi efectul lor în rezonator este un efect de ordinul doi.

În regim de funcţionare grupul de electroni care s-a format în jurul electronilor care au ieşit la timpul t, corespunzător la $E = 0$ (curba *2*) trebuie să se întoarcă în rezonator atunci cînd tensiunea dintre grilele acestuia este maximă frînată, adică atunci cînd $E_G = +E_{Gmax}$. Din aceste condiţii timpul de zbor al electronilor se poate scrie sub forma:

$$\tau_{sb} = T\left(n - \frac{1}{4}\right) \qquad (1)$$

unde T este perioada tensiunii de înaltă frecvenţă; n — numărul de perioade scurse de la plecarea electronilor pînă la reîntoarcerea lor în rezonator.

Folosind relaţia (1), se pot uşor deduce condiţiile de oscilaţii ale clistronului cu reflexie în funcţie de tensiunea de accelerare U_0 şi de tensiunea aplicată pe reflector U_R.

Într-adevăr, spaţiul parcurs de grupul de electroni se poate scrie sub forma

$$S = v_0\tau + \frac{a}{2}\tau^2. \qquad (2)$$

Înlocuind acceleraţia cu $a = -\frac{eE}{m}$ şi egalînd spaţiul total parcurs cu zero, vom obţine

$$\tau = \frac{2v_0 m}{eE}$$

unde: e este sarcina electronului; m — masa electronului; E — cîmpul electric dintre rezonator şi reflector, egal cu:

$$E = \frac{U + U_R}{l}. \qquad (3)$$

Înlocuind în (1) valoarea lui τ_{sb} cu cea găsită în (2) şi ţinînd cont de expresia cîmpului electric (3), obţinem

$$k\frac{\sqrt{U_A}\,l}{U_A + U_R} = T\left(n - \frac{1}{4}\right) \qquad (4)$$

unde $k = \sqrt{8\frac{m}{l}}$.

Formula (4) descrie condiţia de excitaţie a electronului; din această formulă se vede că clistronul cu o lungime de undă dată $\lambda = cT$ şi cu o geometrie cunoscută (l-cunoscut) va oscila numai pentru anumite valori ale lui U_A şi U_R,

acelea care vor îndeplini condiţia de mai sus pentru $n = 1;2;3$ etc.

În fig. 3 sînt arătate domeniile de oscilaţie şi frecvenţa clistronului folosit de noi, pentru diferite tensiuni aplicate pe reflector.

Tensiunea de accelerare U_0 a fost păstrată constantă.

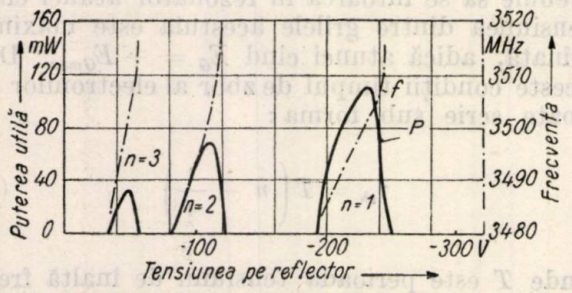


Fig. 3. Variaţia puterii utile şi a frecvenţei de oscilaţie a clistronului, pentru U = 250 V, cu tensiunea aplicată pe reflector.

2. Clistronul reflex ca generator de impulsuri

Din relaţia (4) se vede că se poate alege o astfel de variaţie a tensiunii pe reflector U_R, pentru o tensiune de accelerare U_A dată, încît într-o perioadă de repetiţie a acesteia să obţinem un singur domeniu de oscilaţii ale clistronului (domeniul pentru $n = 1$).

Într-adevăr, dacă pe reflector se aplică o tensiune constantă, de minus 260 V, iar pe electrodul de accelerare plus 250 V, clistronul nu va da nici un semnal la ieşire (fig. 3). Dacă însă peste tensiunea aplicată pe reflector se aplică un impuls de tensiune de circa 50 V de la un oscilator autoblocat de forma arătată în fig. 4, clistronul va intra în oscilaţii în timpul frontului acestui impuls. Frontul impulsului, măsurat cu ajutorul sincroscopului SI-1, avea o valoare de 50 n s. Dacă apreciem intrarea în oscilaţii a clistronului instantanee, se vede că pentru o tensiune de 240 V pe reflector, tensiunea oscilaţiilor clistronului depinde foarte mult de tensiunea reflectorului.

În aceste condiţii, o variaţie de 3V a impulsului de la oscilatorul autoblocat duce la o creş-

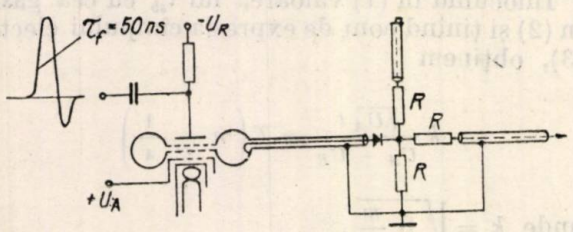


Fig. 4. Schema de alimentare a clistronului cu o tensiune pozitivă pulsatorie pe reflector şi sistemul de detecţie a oscilaţiilor de înaltă frecvenţă.

tere a puterii clistronului de la 40 la 80 mW. Aceasta corespunde unei creşteri simţitoare a tensiunii date de rezonatorul clistronului la ieşire şi deci posibilitatea de a obţine un front al impulsului detectat de aproximativ 5 n s. Socotind că impulsul de ieşire, după formare, va avea o formă gaussiană, acesta va avea o durată de aproximativ 10 n s.

Schema de principiu a unui astfel de montaj se vede în fig. 4. Valoarea tensiunii la ieşire nu a fost măsurată, ea fiind apreciată doar cu ajutorul schemei de coincidenţă, care mergea de la 0,1 V în sus.

În ultima variantă a generatorului s-au alimentat în impuls şi electrodul de accelerare şi reflectorul. După cum se va vedea din cele expuse mai jos, acest mod de alimentare permite obţinerea unor impulsuri cu o durată de cîteva nanosecunde, de 1-2 V pe o rezistenţă de sarcină de 150Ω.

Studiind diferite forme de impulsuri cu care se poate alimenta clistronul s-a găsit că forma arătată în fig. 5 este optimă. Tensiunea pe reflectorul U_R este o succesiune de impulsuri dreptunghiulare cu front şi descreştere de 0,1μs. Tensiunea pe accelerator U_A este de polaritate inversă (pozitivă) şi se obţine prin

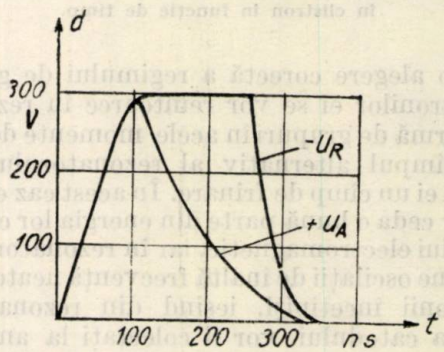


Fig. 5. Forma impulsurilor de alimentare a clistronului.

diferenţierea impulsurilor care alimentează reflectorul.

Folosind aceste forme de impulsuri se asigură trecerea clistronului prin zona de oscilaţie într-un timp scurt şi numai o singură dată în timpul frontului impulsurilor de alimentare. Aceste oscilaţii sînt de ordinul $n = 1$, deci corespund unei puteri maxime la ieşire.

Transformînd relaţia (4) sub forma

$$ckl = \lambda\left(n - \frac{1}{4}\right)\frac{U_A + U_R}{\sqrt{U_A}}$$

şi înlocuind valorile nominale ale clistronului folosit, această ecuaţie se poate aduce uşor la forma

$$\lambda\,[\text{cm}] = 195\,\frac{\sqrt{U_A}}{U_A + U_R} \cdot \frac{1}{n - \frac{1}{4}}. \qquad (5)$$

Dacă aproximăm impulsurile de alimentare din fig. 5 cu cele din fig. 6 se poate determina valoarea lui λ pentru diferite valori ale raportului $\frac{\sqrt{U_A}}{U_A + U_R}$, pentru $n = 1$; 2 și 3.

Rezultatele obținute sînt date în tabela 1, iar curba

$$\lambda = f_1\left(\frac{\sqrt{U_A}}{U_A + U_R}\right) = f_2(t)$$

este arătată în fig. 6, *b*.

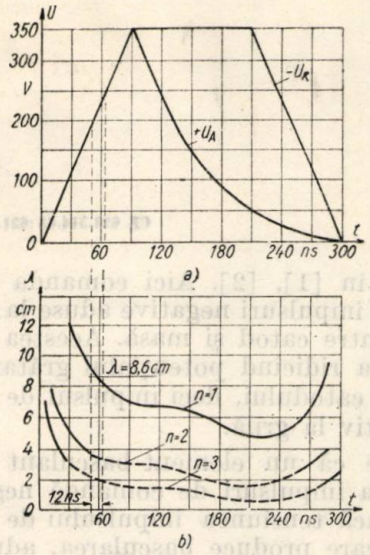


Fig. 6.

a – Forma impulsurilor de alimentare și *b* – variația lungimii de undă a clistronului cu aceste tensiuni. Tensiunea pe reflector este negativă.

Din acest grafic se observă că pentru $n = 2$ și $n = 3$, λ iese din curba de rezonanță a rezonatorului acordat pe 8,6 cm. Cînd $n = 1$ este posibilă oscilarea clistronului pentru valorile $U_A = U_R = 200 - 250$ V, adică la o lungime de undă de $\lambda = 8{,}6 \pm 0{,}5$ cm.

La o valoare a tensiuni aplicate pe accelerator $U_A = 2 - 5$ V, se îndeplinesc din nou condițiile de oscilație ale clistronului, dar tensiunea pe reflector fiind de aproximativ — 50 V electronii nu pot pătrunde în spațiul rezonator-reflector și deci nu poate fi vorba de o grupare a electronilor pe densități de curent.

Impulsurile de înaltă frecvență, avînd o durată, determinată din fig. 6 pentru $\lambda = 8{,}6 \pm 0{,}5$ cm, de 12 n s, se transmit unui rezonator cu un factor de calitate Q mic (fig. 7) acordat pe o frecvență de $\lambda = 8{,}6$ cm. Durata pulsului de 12 n s, după cum se observă ușor din fig. 6, este determinată de durata frontului impulsurilor de alimentare a clistronului, care erau de 0,1 μs și de banda de trecere a rezonatorului.

Cel de al doilea rezonator folosit de noi avea un factor de calitate în sarcină de aproximativ 50. Aceasta înseamnă că banda de trecere a acestuia va fi de

$$\Delta f = \frac{f}{Q} = \frac{3500}{50} = 70 \text{ MHz}$$

și $\Delta\lambda = 0{,}172$ cm.

Socotind că durata impulsului depinde liniar de banda de trecere a rezonatorului, într-un

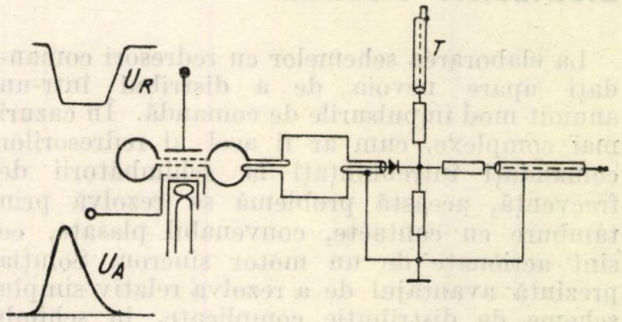


Fig. 7. Schema de alimentare a clistronului în impulsuri și sistemul de detecție a oscilațiilor de înaltă frecvență.

interval nu prea mare (fig. 6), durata impulsului obținut va fi

$$\tau = 12.0{,}172 \approx 2 \text{n s}.$$

Impulsurile detectate au fost culese de pe o rezistență de sarcină de 150 Ω și avem o amplitudine de aproximativ 2V.

La această rezistență de sarcină de 150 Ω, dacă se socotește că capacitatea parazită este de $C_{par} \sim 5_p$F, rezultă un $RC = 0{,}75.10^{-9}$ s și deci impulsuri cu un front de 1—1,5 n s se pot transmite fără a fi deformate.

Schema de principiu folosită de noi este arătată în fig. 7.

Tabela 1

Valorile lui λ pentru diferite valori ale raportului $\frac{\sqrt{U_A}}{U_A + U_R}$ și pentru $n = 1, 2, 3$

t ns	6	12	24	39	51	57	63	72	90	120	150	180	210	240	255	270	285
U_A V	25	49	100	150	200	230	250	289	350	237	145	87	50	25	17	10	4
U_R V	25	49	100	150	200	230	250	289	350	350	350	350	350	235	175	120	55
λ_1 cm	26	18,4	13	10,6	9,1	8,6	8,1	7,65	6,9	6,65	6,4	5,6	4,65	4,9	5,6	6,4	8,8
λ_2 cm	11,2	7,8	5,6	4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2,1	2,4	2,75	3,8
λ_3 cm	7	5	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	1,73	2,4

Concluzii

Folosind clistroane obişnuite, cu frecvenţe de lucru cuprinse între 3 000 şi 10 000 MHz, cu o putere de ieşire de 0,1—0,3 W alimentate în impulsuri, aşa cum am văzut mai sus, se pot obţine impulsuri cu durate de cîteva nanosecunde şi amplitudini de 0,5—2 V.

Generatorul poate fi folosit la măsurători de timp, la reglarea schemelor de coincidenţă rapidă şi la reglarea altor dispozitive rapide.

Frecvenţa de repetiţie a impulsurilor şi stabilitatea acesteia sînt determinate de generatorul de impulsuri ce alimentează clistronul, care poate fi un oscilator autoblocat sincronizat.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Electronnie lampi*. Izdatelstvo „Sovetskoe Radio" Moscova, 1954.

[2] KATMAN, A. I. : *Osnovi rasciota radiolamp*, Gosenergoizdat Moscova, 1952.

ALEXANDRU ROGOJAN ŞI TIBERIU MUREŞAN*)

Distribuitor electronic

CZ 621.314.65:621.316.543 – 523.8

La elaborarea schemelor cu redresori comandaţi apare nevoia de a distribui într-un anumit mod impulsurile de comandă. În cazuri mai complexe, cum ar fi acel al redresorilor comandaţi întrebuinţaţi la schimbătorii de frecvenţă, această problemă se rezolvă prin tambure cu contacte, convenabil plasate, ce sînt acţionate de un motor sincron. Soluţia prezintă avantajul de a rezolva relativ simplu scheme de distribuţie complicate, în schimb are dezavantajele legate de prezenţa pieselor în mişcare. Este posibil însă să se realizeze o distribuţie fără piese în mişcare, cu ajutorul tuburilor electronice.

Mai jos vom prezenta o schemă electronică de comandă pentru un redresor cu mercur trianodic, realizată în scopul de a degaza cuva (în perioada de formare) cu ajutorul unui transformator monofazat.

Descrierea schemei

Transformatorul de alimentare pentru degazare fiind monofazat este necesar ca anozii cuvei să fie legaţi în paralel. În acest caz se va aprinde, în fiecare semiperioadă pozitivă, numai acel anod care prezintă condiţii favorabile aprinderii. Ceilalţi anozi nu se aprind şi deci nu se încălzesc suficient pentru a elimina gazele. Încălzirea uniformă se poate realiza făcînd, cu ajutorul comenzii de grătar, ca anozii să ardă pe rînd. Rezultă deci că fiecare anod arde în timpul unei perioade şi este în repaus în următoarele două. Această funcţionare trebuie să fie asigurată de distribuitorul de impulsuri de aprindere.

La elaborarea schemei distribuitorului am plecat de la schema unui numărător în inel conţinut în [1], [2]. Aici comanda basculării se face cu impulsuri negative aduse la rezistenţa plasată între catod şi masă. Acestea provoacă bascularea ridicînd potenţialul grătarului faţă de cel al catodului, deci impulsul de comandă este pozitiv la grilă.

Se ştie că un element basculant este mai sensibil la impulsuri de comandă negative [3]. Astfel, dacă tensiunea impulsului de comandă pozitiv, care produce bascularea, adus la grătarul de comandă a tubului blocat, este U_p, tensiunea impulsului negativ de comandă care produce bascularea, adus la grătarul de comandă a tubului conductor, este :

$$U_n = \frac{U_p}{K \cdot \beta} .$$

Aici K este amplificarea de tensiune a unui tub, iar β este raportul în care se micşorează tensiunea adusă la grătarul tubului blocat, prin divizorul de tensiune. În general avem $K \cdot \beta > 1$, deci $U_n < U_p$, ceea ce este valabil şi în cazul nostru.

Pe de altă parte în aceste scheme, în momentul basculării, apare un impuls parazit care se transmite înapoi. În schema citată impulsul parazit este negativ, adică corespunde sensibilităţii mai mari a elementelor basculante. Datorită acestei situaţii numărătorul funcţionează defectuos. Modificînd legăturile astfel încît comanda să se facă cu impuls negativ la grătar, iar impulsul parazit să fie pozitiv, se obţine o schemă ce funcţionează corect. Pe aceasta o întrebuinţăm ca element de bază la realizarea distribuitorului. Schema lui completă se vede în fig. 1.

Schema este comandată cu impulsuri obţinute din tensiunea reţelei. Transformatorul T, cu primarul legat la reţea, alimentează puntea defazoare, din care fac parte condensatorul

*) Ing. AL. ROGOJAN este profesor, iar ing. T. MUREŞAN asistent la Institutul Politehnic din Timişoara

C_1 şi rezistenţa R_1. Tensiunea din diagonala ei este dusă la tubul L_1, care împreună cu elementele lui constituie un etaj pentru formarea impulsurilor. Impulsurile dreptunghiulare formate sînt diferenţiate în circuitul C_3R_{18}, ce are primului element şi tuburile din dreapta ale celorlalte elemente conduc. Tubul cu neon *1* arde. La primul impuls pozitiv pe rezistenţa R_{18}, triodele din stînga primesc la grilă cîte un impuls negativ. Acesta nu provoacă nici o

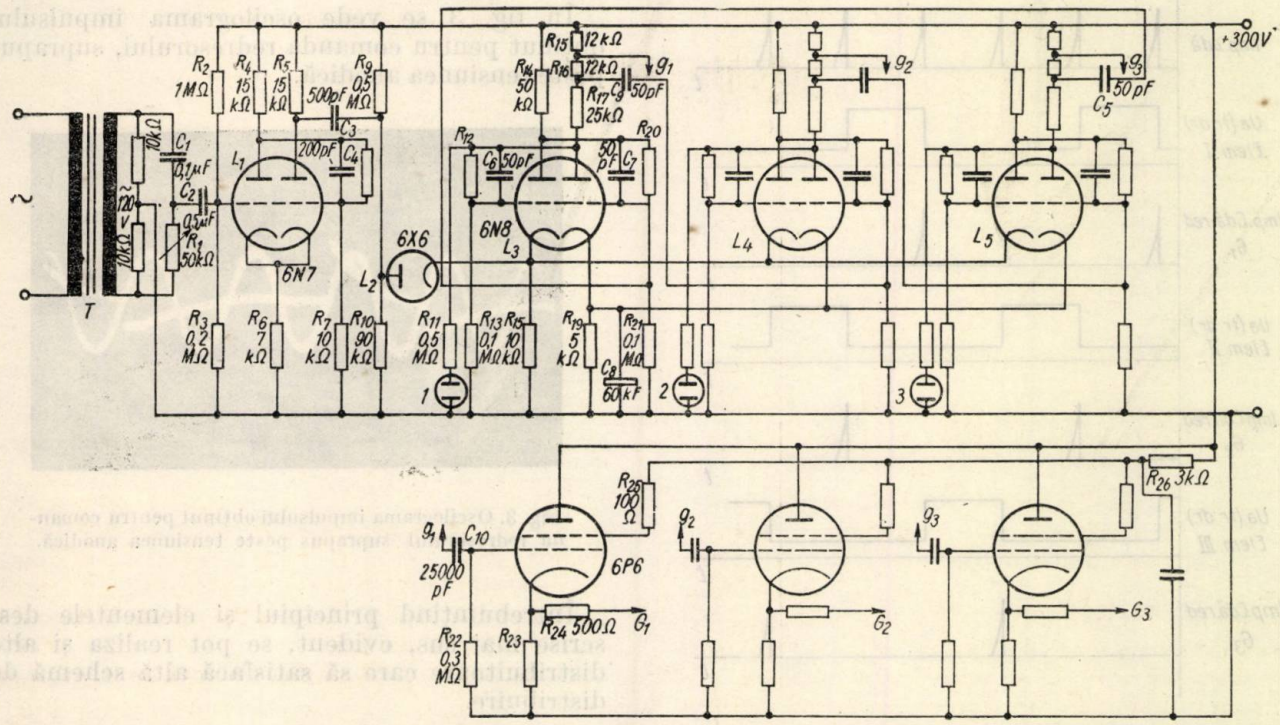


Fig. 1. Schema distribuitorului electronic realizat.

o constantă de timp $\tau = 500.10^{-12}.10.10^3 = 5.10^{-6}$ sec. Durata impulsului diferenţiat poate fi socotită $\tau_i = 3\tau = 15.10^{-6}$ s. Dioda L_2 este introdusă pentru suprimarea părţii negative a impulsului.

Partea principală a distribuitorului este formată din schema în inel, compusă din trei elemente basculante ce conţin triodele duble L_3, L_4 şi L_5. Triodele din stînga a fiecărui element basculant au rezistenţa catodică comună R_{18}, iar cele din dreapta rezistenţa comună R_{19}. Între valorile acestor rezistenţe avem relaţia $R_{18} = (n-1)\,R_{19}$, unde n este numărul elementelor basculante. În cazul nostru avem $R_{18} = 2\,R_{19}$. În felul acesta cînd prin R_{18} trece curentul corespunzător unei singure triode conductoare, iar prin R_{19} curentul a două triode conductoare, căderea de tensiune pe cele două rezistenţe este egală. În urma acestui fapt dimensionarea elementelor basculante se face ca şi în cazul obişnuit. Caracteristicile elementului basculant sînt: tensiunea de tăiere a triodelor: —11 V; tensiunea între grila şi catodul triodei blocate: —32 V; tensiunea de zăvorire: 21 V; amplitudinea impulsului pozitiv de comandă: 21 V; amplitudinea impulsului negativ de comandă: 4 V; modificarea tensiunii anodului: circa 150 V.

Funcţionarea schemei în inel are loc în felul următor: presupunem că tubul din stînga al schimbare la triodele din stînga ale elementelor *2* şi *3*, pe cînd trioda din stînga a primului element basculează. Impulsul negativ transmis prin condensatorul C_9 la grila triodei din dreapta a elementului al doilea provoacă şi aci bascularea. Tubul cu neon *1* se stinge şi se aprinde tubul cu neon *2*. După un interval de o perioadă apare un nou impuls de comandă, care provoacă bascularea elementului *2* şi apoi *3*. Al treilea impuls de comandă provoacă bascularea elementului *3* şi apoi *1* ş.a.m.d. Cînd basculează de exemplu elementul *1*, pe lîngă impulsul util negativ se transmite prin condensatorul C_5 un impuls pozitiv de la anodul triodei din stînga a elementului *1*, la grila triodei din stînga a elementului *3*. Acest impuls nu poate provoca însă perturbaţii deoarece sensibilitatea elementelor la impulsuri pozitive cum s-a menţionat, este mai mică. Se vede deci că tuburile basculează pe rînd şi deci prin legăturile notate g_1, g_2 şi g_3 se obţin consecutiv, tot la a treia perioadă, cîte un impuls pozitiv dreptunghiular.

Impulsurile dreptunghiulare obţinute sînt aduse prin circuitele de diferenţiere $C_{10}\,R_{22}$ la grilele a trei repetori catodici, pe a căror rezistenţă de sarcină obţinem impulsurile de polaritate corectă şi putere suficientă pentru comanda redresorului trianodic. Grilele acestuia se leagă la G_1, G_2, G_3. Constanta de timp a circuitului

de diferenţiere $C_{10}R_{22}$ este calculată astfel încît lăţimea impulsului la bază să fie de o perioadă. În acest caz, avînd în vedere că la redresor se introduce şi o tensiune de negativare,

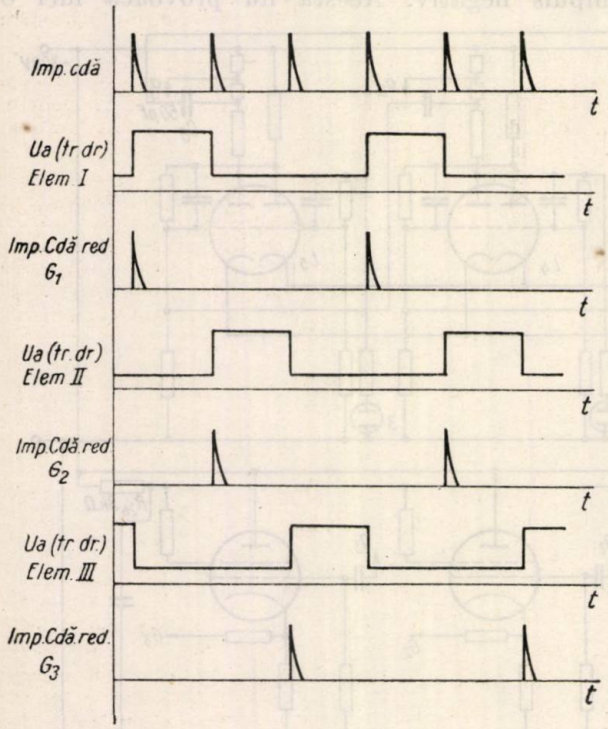


Fig. 2. Forma tensiunilor la anozii triodelor din dreapta şi forma impulsurilor de comandă la intrare şi ieşire.

durata părţii pozitive a impulsului rezultat va fi sensibil mai mică decît o perioadă, ceea ce satisface problema pusă. Amplitudinea impulsurilor pentru comanda redresorului este de 40 V.

În fig. 2 se arată forma tensiunilor la anozii triodelor din dreapta precum şi forma impulsurilor de comandă la intrare şi ieşire.

În fig. 3 se vede oscilograma impulsului obţinut pentru comanda redresorului, suprapus peste tensiunea anodică.

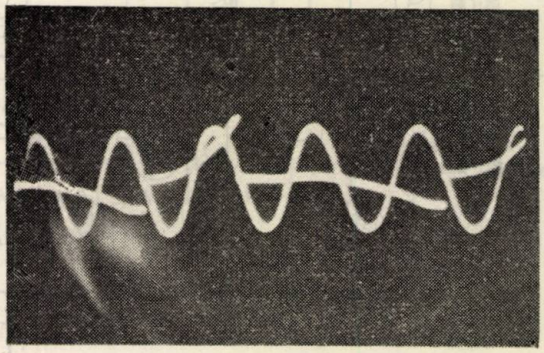


Fig. 3. Oscilograma impulsului obţinut pentru comanda redresorului suprapus peste tensiunea anodică.

Întrebuinţînd principiul şi elementele descrise mai sus, evident, se pot realiza şi alte distribuitoare care să satisfacă altă schemă de distribuire.

BIBLIOGRAFIE

[1] SCHARPLESS, T.: Electronics 21(1948) 3, 122.
[2] BONCI-BRUEVICI, M.: *Primenenie electronnih lamp v experimentalnoi fizike.* Gosenergoizdat, Moscova, 1954.
[3] KRIVITKII, B. H.: *Impulsnie sheml iustroistva*, Gosenergoizdat, Moscova, 1955.

Consfătuirea pe ţară cu tema „Electronica în industrie"

Pentru realizarea unui schimb de experienţă asupra rezultatelor obţinute pînă în prezent, cît şi pentru stabilirea premiselor tehnice de dezvoltare în viitor în domeniul utilizării electronicii în industrie, Consiliul Central ASIT, Secţia Energetică şi Electrotehnică, în colaborare cu Ministerul Industriei Grele — Institutul de Cercetări Electrotehnice, organizează în curînd o consfătuire pe ţară cu tema: „Electronica în industrie" (aparatura electronică de măsură, control, automatizare şi de uz tehnologic).

Tematica consfătuirii este următoarea:

1. Eficacitatea tehnică şi economică a utilizării electronicii în industrie.
2. Aparatura electronică industrială elaborată şi realizată în R.P.R.
3. Experienţa de exploatare a aparaturii electronice industriale.
4. Specificul tehnologic al aparaturii de electronică industrială. Limitele de economicitate a fabricaţiei aparaturii electronice.
5. Piaţa socialistă şi piaţa capitalistă în domeniul aparaturii electronice industriale şi a elementelor.
6. Direcţiile de studiu şi cercetare care trebuie dezvoltate în R.P.R. în domeniul electronicii industriale.
7. Profilarea şi dezvoltarea fabricaţiei de aparatură de electronică industrială în R.P.R.
8. Pregătirea şi utilizarea cadrelor specializate în electronică industrială.

Intreprinderile şi instituţiile interesate a participa la consfătuire cu referate şi delegaţi se pot adresa Consiliului Central ASIT, Secţia Energetică şi Electrotehnică, Bucureşti, Calea Victoriei 120, cu menţiunea **„Pentru consfătuirea de electronică".**

VLAD PAUKER*)

Stabilitatea amplificatorilor cu reacție negativă puternică

CZ 621.375.132.016.35

Astăzi multe domenii ale tehnicei reclamă amplificatori de diferite tipuri de calitate superioară. Unul din mijloacele cele mai eficiente, și din această cauză cele mai întrebuințate, de îmbunătățire a performanțelor unui amplificator este utilizarea reacției negative. În urma introducerii reacției se modifică o seamă de parametri ai amplificatorului, se micșorează distorsiunile nelineare și de frecvență, crește stabilitatea valorii factorului de amplificare, crește impedanța de intrare, scade cea de ieșire etc. Aceste îmbunătățiri sînt cu atît mai importante, cu cît reacția este mai *puternică*, adică cu cît *factorul de reacție negativă* $F = 1 + A\beta$ este mai mare (aici $-A\beta$ este amplificarea pe bucla de reacție, fig. 1). De exemplu, distorsiunile nelineare scad aproximativ de F ori, stabilitatea factorului de amplificare (a nu confunda cu stabilitatea amplificatorului) crește de F ori, impedanța de ieșire scade de F ori ș. a. m. d. Prin urmare, pentru obținerea unor îmbunătățiri substanțiale ale performanțelor amplificatorului se impune utilizarea reacției negative cu factor mare de reacție. În practică valoarea acestui factor variază între 10 și 100.

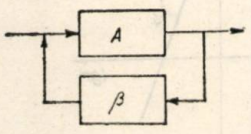


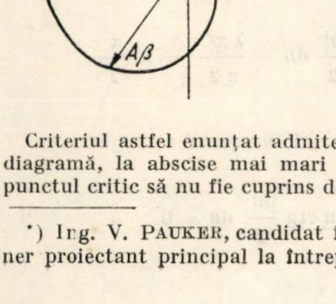
Fig. 1. Schema bloc a unui amplificator cu reacție.

Dar în calea obținerii unei reacții puternice stă un obstacol: pericolul de autooscilare al amplificatorului. La frecvențele apropiate de căpatul benzii de trecere a buclei de reacție, faza amplificării pe buclă variază datorită elementelor reactive din schemă. În cazul cînd faza se modifică, într-un sens sau altul, cu 180° față de faza din mijlocul benzii, reacția schimbă sensul și din negativă devine pozitivă. Dacă la frecvențele la care a avut loc această schimbare, modulul amplificării pe buclă rămîne încă supraunitar, amplificatorul satisface condiția lui Barkhausen de oscilare și, prin urmare, se amorsează oscilații. Este evident că, cu cît valoarea amplificării pe buclă este mai mare, cu atît mai probabilă este oscilarea amplificatorului cu reacție.

Sarcina proiectantului este de a realiza un amplificator cu reacție puternică, care să nu prezinte tendințe de oscilație. O contribuție foarte importantă la soluționarea acestei probleme a fost adusă de BODE [1], [2] și articolul de față se bazează în mare măsură pe lucrările lui.

Criteriu de stabilitate

Stabilitatea sau instabilitatea unui amplificator cu reacție poate fi apreciată cu ajutorul criteriului lui NYQUIST [3]. Pentru a-l aplica se consideră hodoscopul vectorului amplificării pe bucla de reacție $A\beta$, trasat în planul complex (fig. 2). Dacă punctul $1 + j0$ este cuprins în interiorul curbei, amplificatorul va oscila, dacă, dimpotrivă, acest punct se află în afara curbei amplificatorul va fi stabil.



← Fig. 2. Diagrama lui Nyquist corespunzătoarea unui amplificator absolut stabil.

Criteriul astfel enunțat admite tăierea axei reale de către diagramă, la abscise mai mari de unitate, cu condiția ca punctul critic să nu fie cuprins de curbă (fig. 3) [4]. În acest caz vorbim de *stabilitate relativă*: o anumită scădere a modulului amplificării pe buclă (strîngere a diagramei), de exemplu datorită îmbătrînirii tuburilor, va duce la cuprinderea punctului critic deci la oscilații. De asemenea, cînd montajul este pus în funcțiune, amplificarea nu ia instantaneu valoarea sa finală, ci trece succesiv prin valori intermediare, inclusiv prin cele corespunzătoare condițiilor de oscilație (diagrama se extinde de la zero în spre forma finală). Amplificatorul intră, deci, în oscilații înainte de a atinge regimul normal.

Din aceste cauze, stabilitatea relativă este considerată inacceptabilă. Prin urmare, atunci cînd vorbim de stabilitatea amplificatorului, înțelegem *stabilitatea absolută*.

Pentru trasarea diagramei lui NYQUIST este necesar să se taie bucla de reacție și să se măsoare factorul de transfer $A\beta$, al buclei, adică să se ridice caracteristica de modul și de fază a amplificării pe buclă. Determinarea acestora poate fi făcută fie prin calcul (în cazul unei proiectări), fie experimental.

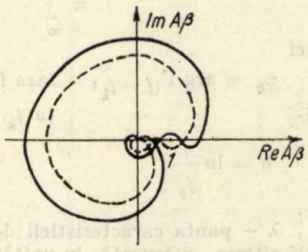


Fig. 3. Diagrama lui Nyquist corespunzătoarea unui amplificator relativ stabil. Curba restrînsă (punctată) corespunde instabilității.

În general calculul și, mai ales, ridicarea experimentală a caracteristicii de fază este mult mai dificilă decît a celei de modul. Această dificultate poate fi, însă, depășită dacă caracteristica de fază se obține pe baza caracteristicii date de modul. În acest scop este necesară cunoașterea legăturii ce există între cele două caracteristici ale amplificării pe bucla de reacție.

Legătura între caracteristicile de modul și de fază a unei rețele de defazaj minim

O legătură biunivocă între caracteristica de modul și cea de fază a unei rețele date are loc numai dacă rețeaua considerată face parte din clasa rețelelor de *defazaj minim*. În caz contrar unei caracteristici date de modul poate corespunde o infinitate de caracteristici de fază.

Din categoria rețelelor de defazaj minim fac parte rețelele cu elemente concentrate, avînd toate zerourile și polurile caracteristicii de transfer situate în semiplanul stîng al planului variabilei complexe. Acestei condiții îi corespund toate rețelele stabile ce nu conțin ramuri încrucișate. În copleșitoarea majoritate a cazurilor rețelele din care sînt constituite buclele de reacție sînt de categoria celor de defazaj minim, din care cauză unei caracteristici date de modul a amplificării pe buclă îi va corespunde o singură caracteristică de fază și invers.

Să considerăm, deci, o funcție Γ (această poate fi amplificarea pe buclă sau, în general, funcția de transfer a oricărei rețele de defazaj minim) și cunoscînd variația cu frecvența a modulului funcției în întreaga bandă de frecvențe de la zero la infinit, să deducem variația cu frecvența a argumentului funcției.

Vom reprezenta caracteristica cunoscută de modul în plan dublu logaritmic $\log |\Gamma| = \Phi(\log f)$. La o frecvență oarecare această curbă este caracterizată prin valoarea modulului și panta curbei.

Panta caracteristicii de modul în planul dublu logaritmic

$$\lambda = \frac{d \log |r|}{d \log |f|}$$

este de cea mai mare importanță pentru cele ce urmează. Ea poate fi măsurată comod în unități de pantă.

*) Ing. V. PAUKER, candidat în științe tehnice, este inginer proiectant principal la întreprinderea „Radio Popular".

La o curbă, avînd panta unitară ($\lambda = 1$) unei variaţii a logaritmului frecvenţei îi corespunde o variaţie egală a logaritmului modulului (măsurat obişnuit în decibeli). De exemplu, dacă considerăm variaţia frecvenţei de 10 ori (variaţia frecvenţei cu o *decadă*), în cazul caracteristicii avînd panta unitară, modulul va varia şi el de 10 ori, adică cu 20 db. Deci panta unitară este de 20 db/decadă. Dacă vom varia frecvenţa de 2 ori (variaţia frecvenţei cu o *octavă*) pantei unitare îi va corespunde o variaţie a modulului tot de 2 ori, sau măsurată în decibeli, $20 \lg 2 = 6{,}020 \approx 6$ db. Prin urmare, panta unitară este de 6 db/octavă. Panta de două unităţi va fi de 40 db/decadă sau 12 db/octavă ş.a.m.d.

Caracteristica de fază, corespunzătoare caracteristicii date de modul, poate fi obţinută cu ajutorul formulei lui BODE [2] (vezi anexa I), care ne dă valoarea argumentului la o frecvenţă oarecare f_k, funcţie de caracteristica de modul în întreaga bandă:

$$\varphi_k = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \lambda \ln \operatorname{cth} \frac{|u|}{2}\, du \qquad (1)$$

aici

$\varphi_k = \arg \Gamma_{(f=f_k)}$ — faza funcţiei de transfer la frecvenţa f_k.

$u = \ln \frac{f}{f_k}$

λ — panta caracteristicii de modul, în plan dublu logaritmic, măsurată în unităţi de pantă.

În această formulă, sub semnul integralei, se află panta caracteristicii de modul multiplicată cu un factor de pondere, reprezentat grafic în fig. 4. Din examinarea acestui grafic se observă că funcţia de pondere are valoare mare în jurul frecvenţei f_k şi scade rapid pentru frecvenţele îndepărtate de f_k. De aici rezultă, că influenţa cea mai mare asupra valorii fazei la o anumită frecvenţă o are panta caracteristicii de modul în jurul acestei frecvenţe.

În principiu, fiind dată variaţia cu frecvenţa a pantei caracteristicii de modul, cu ajutorul expresiei (1) putem găsi, punct cu punct, caracteristica de fază corespunzătoare. În practică, însă, în cazul general, expresia integralei devine prea complicată pentru a fi rezolvată direct.

Problema poate fi mult simplificată, dacă se recurge la metode aproximative. Pentru aceasta este suficient să descompunem caracteristica de modul într-o sumă de caracteristici

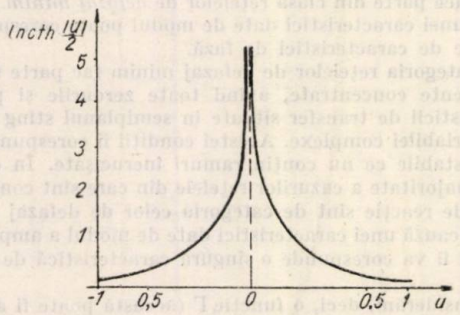


Fig. 4. Graficul funcţiei de pondere din expresia (1).

elementare pentru care integrarea expresiei (1) să nu prezinte dificultăţi, să găsim caracteristicile de fază corespunzătoare şi să le însumăm.

Cea mai simplă metodă de aproximare este cea prin segmente de dreaptă (fig. 5). Curba aproximativă poate fi descompusă într-o sumă de curbe elementare dintre care una se prezintă sub forma unei drepte, iar celelalte sub forma de două segmente de dreaptă, orizontală şi înclinată. Prima caracteristică se numeşte *caracteristica de pantă constantă*, a doua se numeşte *caracteristica de pantă constantă semiinfinită*. Cu cît curba iniţială este aproximată mai exact, cu atît mai multe caracteristici elementare rezultă, toate însă, de tipul celor de mai sus.

Urmează să găsim caracteristicile de fază corespunzătoare celor două tipuri de caracteristici elementare de modul.

În cazul *caracteristicii de pantă constantă* de λ unităţi, obţinem aplicînd expresia (1):

$$\varphi_k = \frac{\lambda}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \ln \operatorname{cth} \frac{|u|}{2}\, du = \frac{\lambda}{\pi}\,\frac{\pi^2}{2} = \lambda\,\frac{\pi}{2}. \qquad (2)$$

Prin urmare, defazajul corespunzător va fi constant şi egal cu 90° pentru fiecare unitate de pantă. De exemplu, unei caracteristici de modul avînd panta constantă de 9 db/octavă (1,5 unităţi) îi va corespunde un defazaj de 135° şi invers.

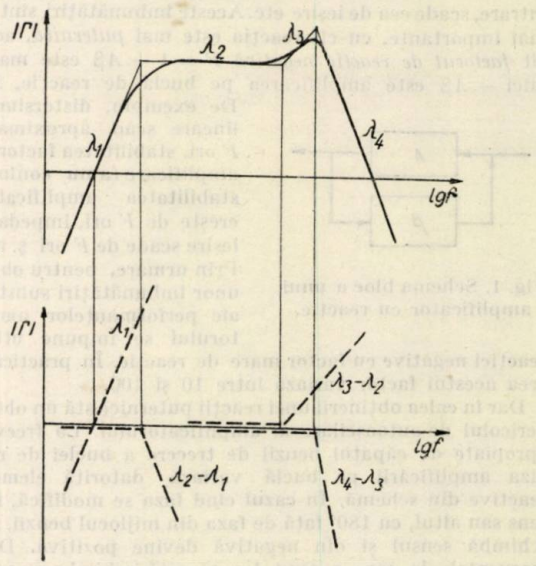


Fig. 5. Aproximarea caracteristicii de modul prin caracteristici elementare.

Să considerăm acum *caracteristica de pantă constantă semiinfinită*, avînd panta egală cu zero de la frecvenţă zero la f_m şi panta constantă de λ unităţi de la f_m la infinit (desigur putem analiza şi caracteristica simetrică, cu panta λ de la zero la f_m şi panta zero de la f_m la infinit; rezultatul ar fi şi el simetric). Aplicînd în cazul acesta expresia (1) vom obţine

$$\varphi_k = \frac{\lambda}{\pi}\int_{u_m}^{\infty} \ln \operatorname{cth} \frac{|u|}{2}\, du\,. \qquad (3)$$

Aici am notat: $u_m = \ln f_m/f_k$ şi am ţinut seamă că integrala de la $-\infty$ la u_m este nulă, panta fiind nulă în acest interval.

Pentru $f_k = f_m$ ($u_m = 0$) obţinem:

$$\varphi_m = \frac{\lambda}{\pi}\int_{0}^{\infty} \ln \operatorname{ctg} \frac{|u|}{2}\, du = \frac{1}{2}\,\frac{\lambda}{\pi}\,\frac{\pi^2}{2} = \lambda\,\frac{\pi}{4} \qquad (3')$$

Pentru $f_k = \infty (u_m = -\infty)$:

$$\varphi_\infty = \frac{\lambda}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \ln \operatorname{ctg} \frac{|u|}{2}\, du = \frac{\lambda\,\pi^2}{\pi\,2} = \lambda\,\frac{\pi}{2}$$

Pentru $f_k = 0 (u_m = \infty)$:

$$\varphi_0 = \frac{\lambda}{\pi}\int_{\infty}^{\infty} \ln \operatorname{ctg} \frac{|u|}{2}\, du = 0.$$

Ultimele două rezultate puteau fi prevăzute direct: în primul caz în jurul punctului considerat caracteristica de modul are panta constantă de λ unităţi (regiunea unde panta

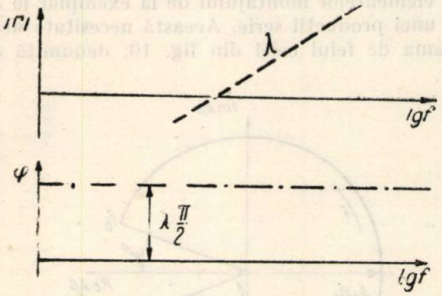


Fig. 6. Caracteristica de fază corespunzătoare caracteristicii de pantă constantă a modulului.

diferă de această valoare este foarte îndepărtată şi practic nu contribuie la defazaj), iar în al doilea caz de pantă constantă zero.

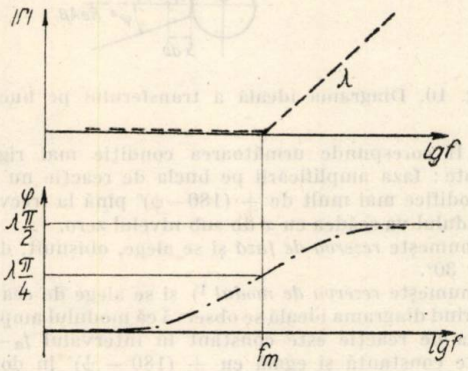


Fig. 7. Caracteristica de fază corespunzătoare caracteristicii de pantă constantă semiinfinită a modulului.

Pentru frecvenţele cuprinse între 0 şi f_m, faza este dată de următoarele expresii aproximative [2] (vezi anexa II):

$$\varphi_k \approx \lambda \frac{2}{\pi} \frac{f_k}{f_m} \qquad 0 \leqslant \frac{f_k}{f_m} \leqslant 0{,}414 \quad (4)$$

$$\varphi_k = \lambda \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \frac{f_m - f_k}{f_m + f_k} - \frac{1}{\pi} \ln \frac{f_k}{f_m} \ln \frac{f_m - f_k}{f_m + f_k} \right)$$

$$0{,}414 \leqslant \frac{f_k}{f_m} \leqslant 1 \quad (4')$$

Caracteristica de fază este simetrică faţă de valoare $\lambda \frac{\pi}{4}$ la frecvenţă f_m (fig. 7).[1])

Acum putem, pe baza cunoaşterii caracteristicii de modul a amplificării pe buclă de reacţie, să construim caracteristica de fază şi să analizăm stabilitatea sau instabilitatea amplificatorului cu reacţia negativă.

Să considerăm un exemplu (fig. 8):

Fie dată în plan dublu logaritmic caracteristica de modul a amplificării pe buclă, obţinută fie prin calcul, fie experimental. Pentru a determina caracteristica de fază aproximăm curba dată printr-o serie de segmente de dreaptă (fig. 8, *a*), apoi descompunem curba aproximativă în caracteristici elementare (fig. 8,*b*). Construim caracteristica de fază corespunzătoare caracteristicilor elementare de modul (fig. 8,*c*) şi le însumăm, obţinînd caracteristica de fază corespunzătoare caracteristicii aproximative de modul (fig. 8, *d*).

[1]) V. curbele detaliate în nr. 4, 1959, coperta.

Dacă diferenţa între caracteristica reală de modul şi cea aproximativă nu trece la nici o frecvenţă de 0,5 db, diferenţa între caracteristica de fază căpătată şi cea corespunzătoare caracteristicii reale de modul nu trece de 3° [2].

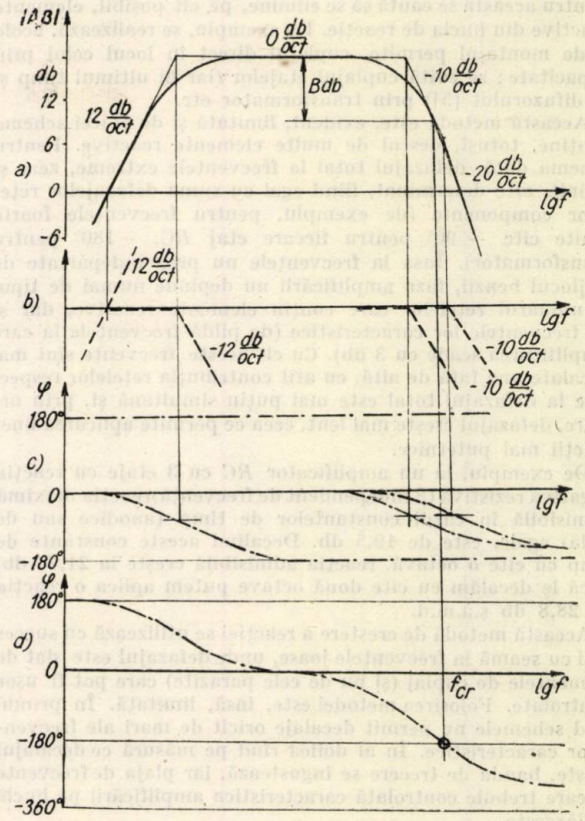


Fig. 8. Construcţia caracteristicii de fază corespunzătoare caracteristicii date de modul.

Stabilitatea amplificatorului

Aprecierea stabilităţii amplificatorului cu ajutorul criteriului lui Nyquist poate fi făcută, în cazul în care se impune stabilitatea absolută, fără trasarea diagramei amplificării pe buclă în plan complex, ci direct pe baza caracteristicilor de frecvenţă. Într-adevăr, urmărind diagrama lui Nyquist (fig. 2) putem formula condiţia de stabilitate în felul următor: pentru ca un amplificator să fie absolut stabil, este necesar ca faza amplificării pe bucla de reacţie să nu devină zero înainte ca modulul amplificării pe buclă să scadă sub unitate. Sau, dacă ţinem seamă că avem de a face cu amplificatori cu reacţie negativă la care în mijlocul benzii faza amplificării pe buclă este de 180°, condiţia cere ca defazajul amplificării pe buclă să nu se modifice mai mult de ±180° (faţă de faza din mijlocul benzii) pînă ce modulul nu scade sub unitate (sau sub 0 db).

Urmărind caracteristicile în cazul exemplului considerat în fig. 8, observăm că defazajul atinge valoarea −180° la frecvenţă f_{cr}, iar modulul amplificării la această frecvenţă este cu B db mai mic ca cel din mijlocul benzii. Pentru ca amplificatorul să nu oscileze trebuie aplicată o astfel de reacţie încît la frecvenţa critică f_{cr} modulul amplificării pe buclă să fie cel mult O db. Deci amplificarea pe buclă în mijlocul benzii nu trebuie să treacă de B db.

Cîte odată, gradul de reacţie negativă rezultat este suficient pentru a asigura amplificatorului performanţele dorite. De foarte multe ori, însă, proiectantul nu se poate mulţumi cu valoarea reacţiei condiţionată de stabilitate. În acest caz se impun măsuri pentru creşterea gradului maxim admisibil de reacţie.

Cauza limitării gradului de reacţie o constituie defazajul excesiv al amplificării pe buclă la capetele benzii şi proiectantul

trebuie se urmărească, în primul rînd, reducerea acestui defazaj. Defazajul la marginile benzii depinde de numărul şi felul elementelor reactive, parazite şi de cuplaj, din schemă. Prin urmare, prima măsură care se impune în vederea micşorării defazajului este reducerea numărului acestor elemente. Pentru aceasta se caută să se elimine, pe cît posibil, elemente reactive din bucla de reacţie. De exemplu, se realizează, acolo unde montajul permite, cuplajul direct în locul celui prin capacitate; se evită cuplajul etajelor (iar în ultimul timp şi al difuzorului [5]) prin transformator etc.

Această metodă este, evident, limitată şi de obicei schema conţine, totuşi, destul de multe elemente reactive. Pentru schema dată, defazajul total la frecvenţele extreme, zero şi infinit, este determinat, fiind egal cu suma defazajelor reţelelor componente (de exemplu, pentru frecvenţele foarte înalte cîte $-90°$ pentru fiecare etaj RC, $-180°$ pentru transformator). Însă la frecvenţele nu prea îndepărtate de mijlocul benzii, faza amplificării nu depinde numai de tipul şi numărul reţelelor care conţin elemente reactive, dar şi de frecvenţele lor caracteristice (de pildă frecvenţele la care amplificarea scade cu 3 db). Cu cît aceste frecvenţe sînt mai decalate una faţă de altă, cu atît contribuţia reţelelor respective la defazajul total este mai puţin simultană şi, prin urmare, defazajul creşte mai lent, ceea ce permite aplicarea unei reacţii mai puternice.

De exemplu, la un amplificator RC cu 3 etaje cu reacţia negativă rezistivă (β independent de frecvenţă)reacţia maximă admisibilă în cazul constantelor de timp (anodice sau de grilă) egale, este de 19,5 db. Decalînd aceste constante de timp cu cîte o octavă, reacţia admisibilă creşte la 21,76 db, dacă le decalăm cu cîte două octave putem aplica o reacţie de 28,8 db ş.a.m.d.

Această metodă de creştere a reacţiei se utilizează cu succes mai cu seamă la frecvenţele joase, unde defazajul este dat de elementele de cuplaj (şi nu de cele parazite) care pot fi uşor controlate. Folosirea metodei este, însă, limitată. În primul rînd schemele nu permit decalaje oricît de mari ale frecvenţelor caracteristice. În al doilea rînd pe măsură ce decalajul creşte, banda de trecere se îngustează, iar plaja de frecvenţe în care trebuie controlată caracteristica amplificării pe buclă se lărgeşte.

Aceste considerente duc la limitarea valorii maxime admisibile a gradului de reacţie, mai ales la amplificatori cu mai multe etaje (care conţin un număr mai mare de elemente reactive).

Corecţia caracteristicii de amplificare pe bucla de reacţie.

Dacă se urmăreşte realizarea unei reacţii puternice (de ordinul a 40 db) apare necesitatea modificării mai substanţiale a formei diagramei lui Nyquist pentru a asigura stabilitatea amplificatorului.

Respectarea la limită a condiţiei de stabilitate absolută cere ca modulul amplificării pe buclă să scadă sub unitate (0 db) înainte ca defazajul să varieze cu $\pm$ 180°, ceea ce necesită ca diagrama să fie modificată aşa cum se arată în fig. 9 (trebuie să ţinem seamă că, indiferent de corecţia adusă, la frecvenţele extreme defazajul va fi dictat de elementele reactive ale schemei şi nu va putea fi micşorat fără eliminarea acestora).

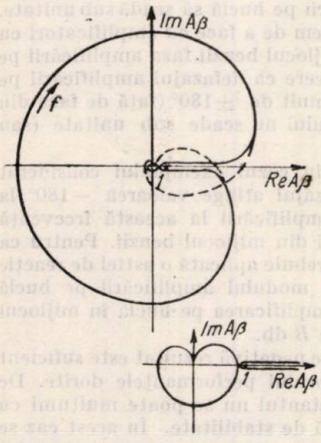


Fig. 9. Diagrama lui Nyquist corespunzătoare respectării la limită a condiţiei de stabilitate. Curba necorectată (punctată) corespunde instabilităţii.

Dar, diagrama din fig. 9 este practic inacceptabilă, din cauză că cea mai mică creştere a defazajului peste $\pm$ 180°, sau creşterea modulului amplificării pe buclă, vor duce la cuprinderea punctului critic şi deci la amorsarea oscilaţiilor. Se impune, prin urmare, o anumită rezervă care să asigure stabilitatea amplificatorului faţă de modificări neprevăzute ale amplificării pe bucla de reacţie, de exemplu datorită variaţiilor valorilor elementelor montajului de la exemplar la exemplar în cazul unei producţii serie. Această necesitate ne conduce la diagrama de felul celei din fig. 10, denumită *diagrama*

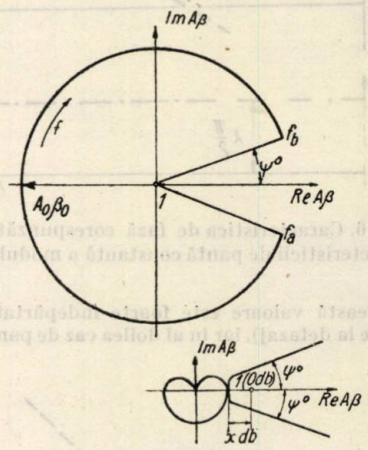


Fig. 10. Diagrama ideală a transferului pe buclă.

ideală. Îi corespunde următoarea condiţie mai rigidă de stabilitate: faza amplificării pe bucla de reacţie nu trebuie să se modifice mai mult de $\pm$ (180 − ψ)° pînă la frecvenţa la care modulul va scădea cu x db sub nivelul zero.

ψ se numeşte *rezerva de fază* şi se alege, obişnuit, de aproximativ 30°.

x se numeşte *rezerva de modul* [1]) şi se alege de cca 10 db.

Urmărind diagrama ideală se observă că modulul amplificării pe bucla de reacţie este constant în intervalul $f_a - f_b$, iar faza este constantă şi egală cu $\pm$ (180 − ψ)° în domeniile pînă la f_a şi după f_b. Pe baza acestei observaţii putem trasa diagrama ideală sub forma caracteristicilor de modul şi de fază funcţie de frecvenţă. Aceste caracteristici pot fi reprezentate ca suma a două caracteristici: una avînd fază constantă în intervalul $0 - f_a$ şi modulul constant în intervalul $f_b - \infty$ şi alta avînd modulul constant în domeniul $0 - f_b$ şi faza constantă în restul benzii.

Pentru a avea forma completă a caracteristicii de frecvenţă este necesar să se cunoască variaţiile modulului şi a fazei în domenii complimentare, în care variaţia cu frecvenţă a acestor mărimi nu este dată. Pentru o reţea de defazaj minim aceste variaţii sînt univoc determinate de condiţii impuse (vezi anexa III):

$$|\Gamma| \text{ db} = \Gamma_0 \qquad 0 < f < f_b$$

$$= \Gamma_0 - \lambda\, 20 \lg e \ln\left(\sqrt{\frac{f^2}{f_b^2} - 1} + \frac{f}{f_b}\right) \qquad f_b < f < \infty \quad (5)$$

$$\varphi = -\lambda \arcsin \frac{f}{f_b} \qquad 0 < f < f_b \quad (5')$$

$$= -\lambda \frac{\pi}{2} \qquad f_b < f < \infty$$

La $f \gg f_b$ caracteristica de modul devine:

$$|\Gamma| \approx \Gamma_0 - \lambda\, 20 \lg e \ln \frac{2f}{f_b} = \Gamma_0 - \lambda\, 8{,}69 \ln \frac{2f}{f_b}$$

adică, în plan dublu logaritmic, se prezintă sub formă de dreaptă cu pantă constantă de $-\lambda$ unităţi. Această dreaptă (înspre care tinde asimptotic caracteristica de modul) taie

[1]) Unii autori numesc aceste două mărimi *marginea de fază* respectiv *marginea de cîştig*.

porţiunea orizontală a caracteristicii cînd $\ln(2f/f_b) = 0$, adică la $f = f_b/2$, deci cu o octavă mai jos de f_b (fig. 11).

Dacă modulul este constant şi egal cu Γ_0 db în intervalul $f_b < f < \infty$, iar faza este constantă şi egală cu $\lambda \frac{\pi}{2}$ radiani în

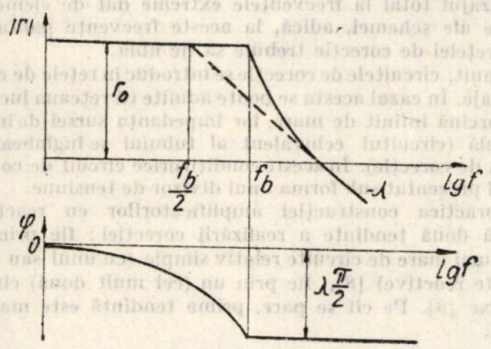


Fig. 11. Caracteristica de frecvenţă corespunzătoare expresiei (5).

restul benzii (fig. 12), se obţin pentru caracteristicile de modul şi de fază în domenii complementare expresii simetrice cu cele de mai sus:

$$|\Gamma| = \Gamma_0 - \lambda\, 8{,}69 \ln\left(\sqrt{\frac{f_a^2}{f^2} - 1} + \frac{f_a}{f}\right) \qquad 0 < f < f_a \qquad (6)$$

$$\varphi = \lambda \arcsin\frac{f_a}{f} \qquad f_a < f < \infty. \qquad (6')$$

Prin însumarea curbelor din fig. 11 şi 12 se obţine caracteristica de frecvenţă a diagramei ideale (fig. 13). Panta

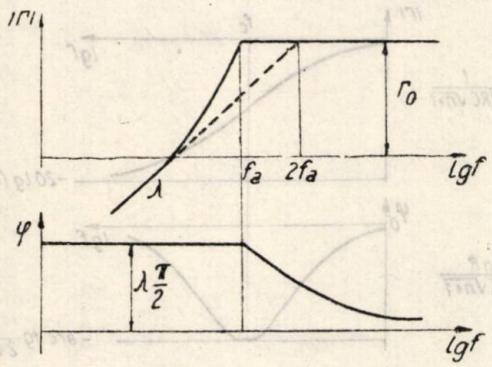


Fig. 12. Caracteristica de frecvenţă corespunzătoare expresiei (6).

asimptotică a carcteristicii de modul va corespunde defazajului de $\pm(180-\psi)°$ şi va fi în consecinţă, de $\pm(180-\psi)/90$ unităţi, sau de $\pm(2-\psi/90)6$ db/oct. Dacă, de pildă, se alege rezerva de fază de $\psi = 30°$, va rezulta panta de $\pm$ 10 db/oct.

Caracteristica din fig. 13 nu poate fi realizată datorită faptului că, după cum am văzut, defazajul la frecvenţele extreme este mai mare de $\pm(180-\psi)°$ (în caz contrar n-ar fi necesară nici o corecţie) şi nici nu poate fi redus fără eliminarea unor elemente reactive din schemă. De altfel nu ne interesează realizarea caracteristicii ideale în întreaga bandă de frecvenţe de la zero la infinit ci, conform cu condiţia de stabilitate enunţată, este suficient să o realizăm în domeniul în care modulul amplificării pe buclă este mai mare de $-x$ db (adică în intervalul $f_a' \leqslant f \leqslant f_b'$). În afară acestui domeniu modulul şi faza vor varia într-un mod oarecare, tinzînd, pe măsura îndepărtării de capetele benzii, înspre valorile corespunzătoare amplificatorului necorectat.

Trecerea de la caracteristica necorectată la cea ideală trebuie făcută în aşa fel încît: *a*) defazajul amplificării pe buclă să nu depăşească limita impusă de $\pm(180-\psi)°$ pînă ce modulul nu scade la $-x$ db şi *b*) domeniul de frecvenţă în care este necesar controlul comportării amplificării să fie cît mai îngust. O metodă simplă care realizează foarte bine aceste deziderate este cea a trecerii prin treaptă (fig. 14). Conform acestei metode caracteristica finală de modul, la un capăt al benzii de amplificare pe buclă, se compune din caracteristica ideală (pînă la atenuare de x db), o treaptă orizontală şi, în fine, caracteristica necorectată avînd panta dictată de elementele reactive ale schemei.

Această caracteristică se poate descompune în trei: caracteristica ideală, avînd panta de $-\lambda_0$ unităţi (de ex. -10 db/oct) şi două caracteristici de pantă constantă semiinfinită. Ideea care a condus la introducerea treptei (care atrage după sine caracteristica de pantă constantă semiinfinită cu pantă λ_0) este următoarea: caracteristicii ideale îi corespunde un defazaj impus (de ex. de $-150°$); panta λ_b a caracteristicii necorectate aduce un defazaj suplimentar; acest defazaj este anulat, într-o bandă de frecvenţe, de defazajul în sens contrar

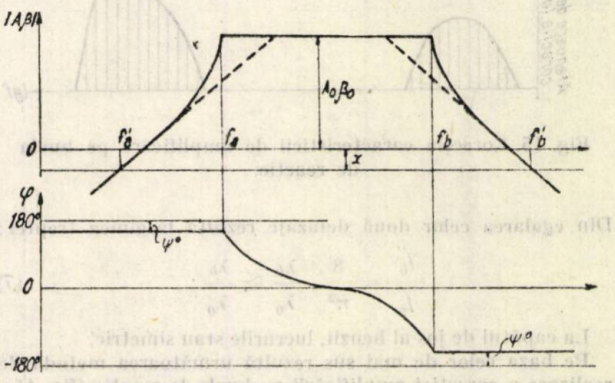


Fig. 13. Caracteristica de frecvenţă „ideală" a amplificării pe bucla de reacţie.

datorit treptei. De aici rezultă şi condiţia pentru lărgimea acesteia f_b''/f_b': raportul acestor două frecvenţe trebuie ales

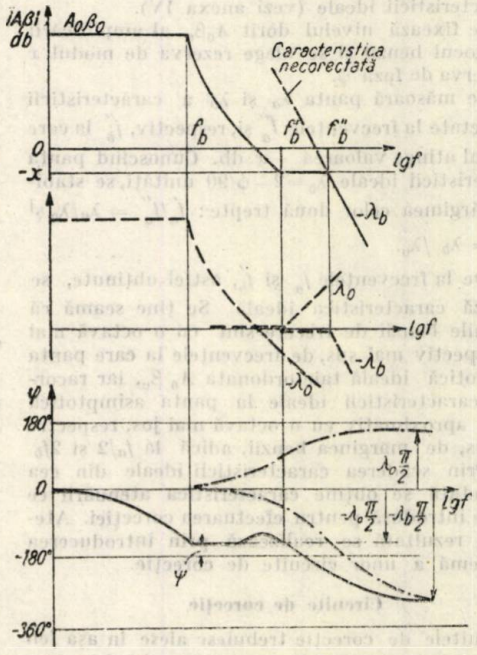


Fig. 14. Trecerea de la caracteristica necorectată la cea ideală.

în aşa fel, încît la frecvenţa f_b' (pînă la care modulul amplificării este mai mare de $-x$ db) defazajul să nu întreacă valoarea $-(180-\psi)°$ dat de caracteristica ideală, deci la

frecvenţa f'_b să se anuleze reciproc defazajele datorite celor două caracteristici de pantă constantă semiinfinită. Defazajul la f'_b dat de prima caracteristică este $\lambda_0 \frac{\pi}{4}$, iar defazajul datorit celei de a doua conform expresiei (3), este $-\lambda_b \frac{2}{\pi} \frac{f'_b}{f''_b}$.

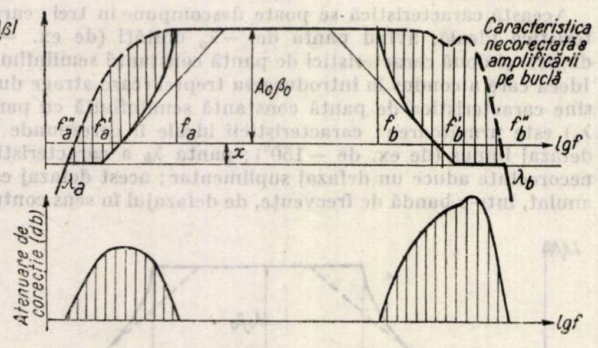


Fig. 15. Corecţia caracteristicii de amplificare pe bucla de reacţie.

Din egalarea celor două defazaje rezultă lărgimea treptei:

$$\frac{f''_b}{f'_b} = \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\lambda_b}{\lambda_0} \approx \frac{\lambda_b}{\lambda_0} . \qquad (7)$$

La capătul de jos al benzii, lucrurile stau simetric.

Pe baza celor de mai sus rezultă următoarea metodă de realizare a corecţiei amplificării pe bucla de reacţie (fig. 15).

1) Se trasează în plan dublu logaritmic caracteristica de modul a amplificării pe buclă, obţinută fie prin calcul fie experimental. La proiectare trebuie ţinut seamă că banda amplificatorului cu reacţie în cazul unei reţele rezistive de reacţie, va fi de aproximativ $\sqrt{F}$ ori mai largă decît cea a caracteristicii ideale (vezi anexa IV).

2) Se fixează nivelul dorit $A_0\beta_0$ al amplificării în mijlocul benzii şi se alege rezerva de modul x şi rezerva de fază ψ.

3) Se măsoară panta λ_a şi λ_b a caracteristicii necorectate la frecvenţele f''_a şi, respectiv, f''_b la care modulul atinge valoarea $-x$ db. Cunoscînd panta caracteristicii ideale $\lambda_0 = 2 - \psi/90$ unităţi, se stabileşte lărgimea celor două trepte: $f'_a/f''_a = \lambda_a/\lambda_0$ şi $f''_b/f'_b = \lambda_b/\lambda_0$.

4) De la frecvenţele f'_a şi f'_b, astfel obţinute, se trasează caracteristica ideală. Se ţine seamă că marginile benzii de trecere sînt cu o octavă mai jos, respectiv mai sus, de frecvenţele la care panta asimptotică ideală taie ordonata $A_0\beta_0$, iar racordarea caracteristicii ideale la panta asimptotică are loc aproximativ cu o octavă mai jos, respectiv mai sus, de marginea benzii, adică la $f_a/2$ şi $2f_b$.

5) Prin scăderea caracteristicii ideale din cea necorectată se obţine caracteristica atenuării ce trebuie introdusă pentru efectuarea corecţiei. Atenuarea rezultată se realizează prin introducerea în schemă a unor circuite de corecţie.

Circuite de corecţie

Circuitele de corecţie trebuiesc alese în aşa fel, încît cu un număr nu prea mare de elemente, atenuarea globală introdusă să se apropie cît mai mult de cea necesară trecerii de la caracteristica necorectată la cea ideală a amplificării pe buclă. Este foarte greu de precizat o metodă generală a cărei aplicare să ducă direct la stabilirea reţelei de corecţie necesară. Alegerea raţională a numărului elementelor de corecţie, naturii lor, precum şi a locului lor în schemă depinde în mare măsură de inspiraţia proiectantului şi de experienţa lui.

Oricare ar fi reţeaua concretă de corecţie folosită, ea trebuie să satisfacă o condiţie generală: să nu introducă defazaje decît pe o porţiune limitată a benzii, pentru a nu contribui la defazajul total la frecvenţele extreme dat de elementele reactive ale schemei, adică, la aceste frecvenţe panta atenuării reţelei de corecţie trebuie să fie nulă.

Obişnuit, circuitele de corecţie se introduc în reţele de cuplaj între etaje. În cazul acesta se poate admite că reţeaua lucrează pe o sarcină infinit de mare, iar impedanţa sursei de intrare este nulă (circuitul echivalent al tubului se înglobează în reţeaua de corecţie). În aceste condiţii orice circuit de corecţie poate fi prezentat sub forma unui divizor de tensiune.

În practica construcţiei amplificatorilor cu reacţie se remarcă două tendinţe a realizării corecţiei: fie printr-un număr mai mare de circuite relativ simple (cu unul sau două elemente reactive) [8], fie prin un (cel mult două) circuite complexe [9]. Pe cît se pare, prima tendinţă este mai răspîndită.

Reţelele de corecţie cu un element reactiv sînt de două tipuri: de defazaj negativ (fig. 16) şi de defazaj pozitiv (fig. 17). Caracteristica de transfer este determinată de doi parametri: atenuarea maximă (sau defazajul maxim) şi frecvenţa f_c la care panta modulului şi defazajul sînt maxime. Aceste două caracteristici determină prin intermediul formulelor indicate în fig. 16 şi 17, două din cele trei elemente ale reţelei.

Al treilea element este determinat, de obicei, de parametrii montajului în care este introdus circuitul de corecţie. În figurile 18 şi 19 sînt date exemple de realizare a circuitelor de corecţie în scheme cu tuburi şi sînt indicate relaţii ce leagă elementele reţelei de corecţie de parametrii schemei.

În cazul circuitelor *b* şi *c* (fig. 19) drept rezistenţe din reţeaua *Z* se utilizează rezistenţa de polarizare a catodului, respectiv a ecranului.

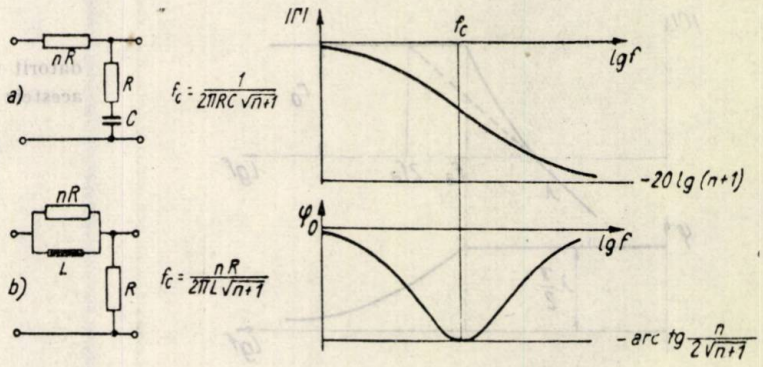


Fig. 16. Circuite de corecţie cu defazaj negativ.

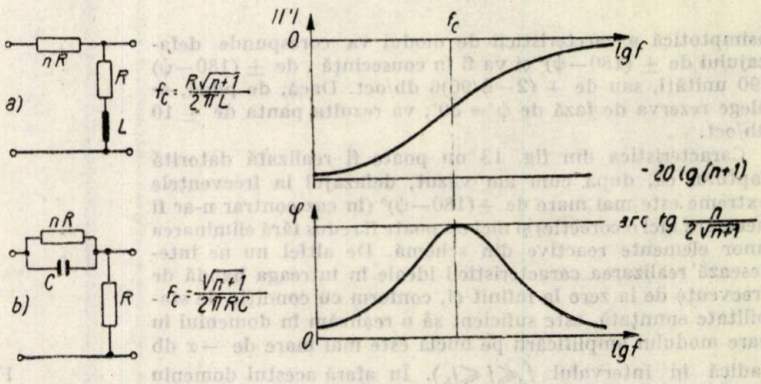


Fig. 17. Circuite de corecţie cu defazaj pozitiv.

Reţelele de corecţie cu două elemente reactive (fig. 20) se caracterizează prin trei parametri: atenuarea maximă (sau defazajul maxim), frecvenţa la care atenuarea este maximă

(defazajul anulîndu-se la această frecvenţă) şi factorul de calitate al circuitului. Trei din cele patru elemente ale schemei sînt determinate de parametrii caracteristici ai reţelei n, f_c şi Q, iar al patrulea depinde de schema concretă din care face

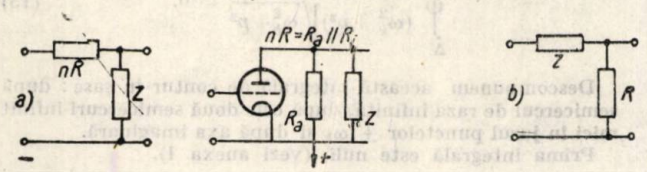


Fig. 18. Realizarea circuitelor de corecţie *a* din fig. 16, 17 şi 20.

parte reţeaua. Circuitele de corecţie *a* şi *b* se realizează cu ajutorul montajelor din fig. 18 respectiv 19, iar circuitul *c* prin combinarea celor două scheme, în cadrul unui etaj sau a două etaje succesive.[1])

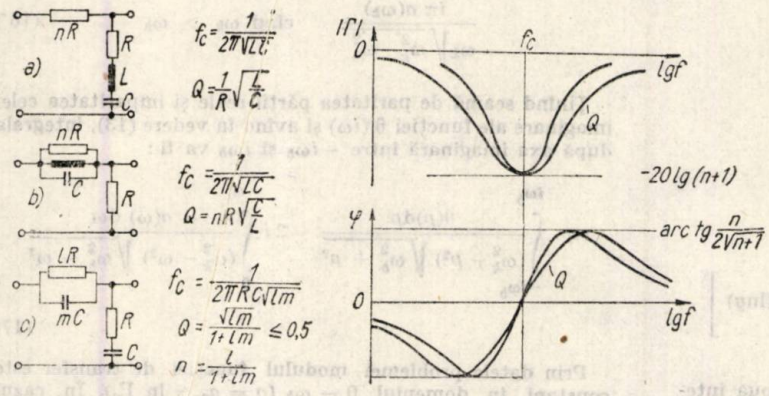


Fig. 20. Circuite de corecţie cu două elemente reactive.

Caracteristica atenuării de corecţie are, obişnuit, forma de felul celei din fig. 15. Pentru realizarea unei astfel de curbe este indicată folosirea circuitelor rezonante (fig. 20). La frec-

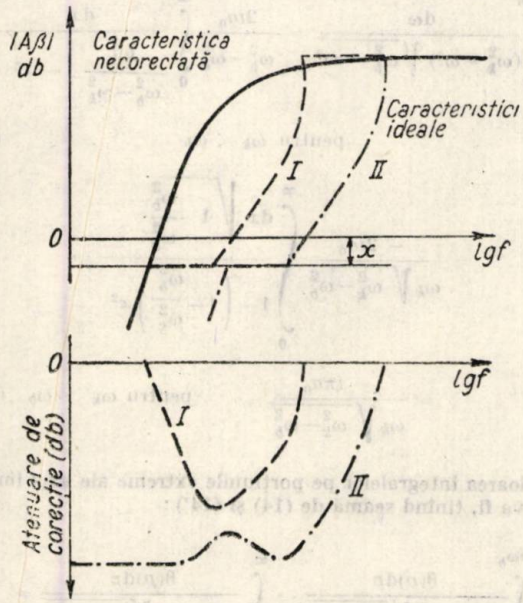


Fig. 21. Trecerea de la caracteristica necorectată la cea ideală fără utilizarea caracteristicii „rezonante" de atenuare de corecţie.

venţe înalte utilizarea lor nu prezintă dificultăţi şi, de obicei, cu unul-două circuite *LC* se obţine o aproximare suficient de bună a caracteristicii dorite de atenuare.

[1]) V. curbele cantitative în nr. 4, 1959, copertă.

La frecvenţele joase, însă, de multe ori lucrurile se complică datorită faptului că circuitele *LC* nu pot fi folosite, iar circuitele *RC* au factorul de calitate scăzut. Pentru a depăşi aceste dificultăţi se poate utiliza un procedeu de trecere de

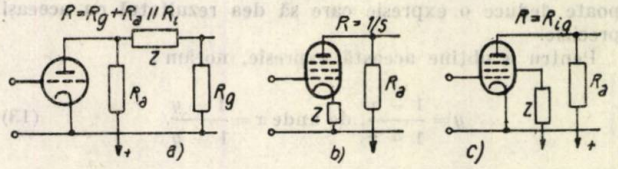


Fig. 19. Realizarea circuitelor de corecţie *b* din fig. 16, 17 şi 20.

la caracteristica necorectată la cea ideală, diferit de cel prezentat mai sus. Conform acestui procedeu, care este ilustrat în fig. 21, curba *II*, (curba *I* reprezintă soluţia expusă căreia îi corespunde atenuarea „rezonantă") caracteristica ideală se deplasează înspre mijlocul benzii atît cît este necesar ca forma curbei de atenuare practic să nu prezinte maxim. Atenuarea rezultată se realizează uşor cu ajutorul circuitelor *RC* de tipul celor din fig. 17. Trebuie menţionat că aici modificarea dorită a formei caracteristicii de atenuare se obţine în dauna lărgimii de bandă.

Concluzii

Metodele descrise de stabilizare s-au dezvoltat mai cu seamă pe baza necesităţilor amplificatorilor acustici, dar ele se utilizează în toate domeniile în care îşi găseşte aplicaţie reacţia negativă: amplificatori de toate tipurile (de curent continuu, audio, radio, de bandă largă etc.), automatizări şi altele. Uneori reacţia cuprinde mai multe elemente de natură diferită ale schemei. De exemplu, în emiţători radio se practică cuprinderea printr-o buclă de reacţie a etajelor modulat şi modulator (fig. 22). În cazul acesta pentru aplicarea corecţiei se ridică caracteristica de frecvenţă a amplificării la joasă frecvenţă pe bucla de reacţie, adică tensiunea în punctul *a* funcţie de tensiunea în punctul *b*, şi se efectuează calculele necesare cu ajutorul acestei caracteristici.

Metodele de stabilizare ce se folosesc la cele două capete ale benzii, de multe ori, diferă. De pildă, uneori, la capătul superior se utilizează corecţia după BODE (caracteristica

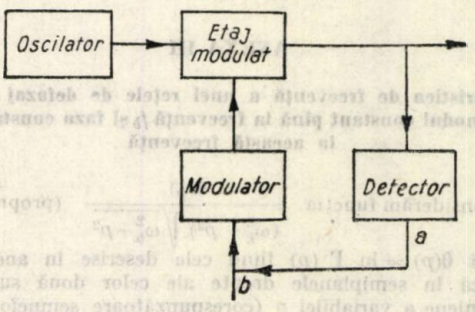


Fig. 22. Schema bloc a unui emiţător cu reacţia negativă care cuprinde etaje de audio şi radio frecvenţă.

ideală), pe cînd la capătul inferior este suficientă o anumită decalare a constantelor de timp de grilă sau chiar nu este necesară nici o măsură de stabilizare.

Întreaga analiză dată mai sus porneşte de la premiza că circuitele cuprinse de reacţie sînt lineare, sau pot fi aproximate ca atare. Dacă această ipoteză nu se respectă, se pot ivi cazuri cînd amplificatorul va oscila, cu toate că analiza lineară indică respectarea condiţiilor de stabilitate [10].

Această serie este destul de încet convergentă, necesitînd pentru obținerea unui rezultat suficient de exact, considerarea unui număr mai mare de membri, mai ales cînd x_m se apropie de unitate. Pentru $x_m \leqslant 0{,}414$ calculul numai cu primul termen nu dă eroare mai mare de 2%. Pentru $x_m > 0{,}414$ se poate deduce o expresie care să dea rezultatul cu aceeași precizie.

Pentru a obține această expresie, notăm:

$$y = \frac{1-x}{1+x}, \text{ de unde } x = \frac{1-y}{1+y}. \tag{13}$$

Cu aceste notații (11) devine:

$$\varphi_k = -\frac{\lambda}{\pi}\int_0^{x_m} \ln y \, \mathrm{d}\,(\ln x) =$$

$$= -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln y \ln x \Big|_0^{x_m} - \int_0^{x_m} \ln x \, \mathrm{d}\,(\ln y)\right] =$$

$$= -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln y_m \ln x_m - \int_0^{y_m} \ln x \mathrm{d}\,(\ln y)\right] =$$

$$= -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\frac{1-x_m}{1+x_m}\ln x_m + \int_1^0 \ln x \mathrm{d}\,(\ln y) - \int_0^{y_m} \ln x \mathrm{d}\,(\ln y)\right].$$

Ținînd seamă de simetria între x și y, ultimele două integrale trebuie să dea același rezultat ca și (11) ținînd evident seamă de limitele respective. Deci, prima va da $\lambda\frac{\pi}{4}$ [vezi (3')], iar a doua o serie de tipul (12), dar în y_m, respectiv în $(1-x_m)/(1+x_m)$. Dacă $x_m \geqslant 0{,}414$ atunci $y_m \leqslant 0{,}414$ și este suficient să considerăm doar primul termen al seriei. Obținem, deci definitiv:

$$\varphi_k \approx \frac{\lambda}{\pi}\left[\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi}\frac{1-x_m}{1+x_m} - \frac{1}{\pi}\ln x_m \ln\frac{1-x_m}{1+x_m}\right]$$

$$0{,}414 \leqslant x_m \leqslant 1 \tag{4'}$$

ANEXA III

Caracteristica de frecvență a unei rețele de defazaj minim având modul constant pînă la frecvența f_b și faza constantă de la această frecvență

Se considerăm funcția $\dfrac{\theta(p)}{(\omega_k^2+p^2)\sqrt{\omega_b^2+p^2}}$ (proprietățile funcției $\theta(p) = \ln\Gamma(p)$ fiind cele descrise în anexa I), analitică în semiplanele drepte ale celor două suprafețe riemanniene a variabilei p (corespunzătoare semnelor „+" și „−" ale radicalului), în afară de punctele $\pm i\omega_k$ unde funcția are poli și punctele $\pm i\omega_b$ care sînt puncte de ramificație. Dacă ne situăm pe suprafața riemanniană corespunzătoare semnului „plus", al radicalului, expresiile acestuia pentru diferite valori imaginare ale variabilei vor fi:

$$\sqrt{\omega_b^2-\omega^2} \quad \text{pentru} \quad -i\omega_b < p = i\omega < i\omega_b \tag{13}$$

$$i\sqrt{\omega^2-\omega_b^2} \quad \text{pentru} \quad p = i\omega > i\omega_b \tag{14}$$

$$-i\sqrt{\omega^2-\omega_b^2} \quad \text{pentru} \quad -i\omega_b > p = i\omega. \tag{14'}$$

Alegînd un contur de integrare de felul celui din fig. 23, situat în întregime în semiplanul drept al suprafeței „plus", vom obține:

$$\oint_\Delta \frac{\theta(p)\mathrm{d}p}{(\omega_k^2+p^2)\sqrt{\omega_b^2+p^2}} = 0. \tag{15}$$

Descompunem această integrală de contur în șase: după semicercul de raza infinită, după cele două semicercuri infinit mici în jurul punctelor $\pm i\omega_k$ și după axa imaginară.

Prima integrală este nulă (vezi anexa I).

Cele două integrale după semicercuri mici se calculează în același mod ca integralele corespunzătoare din anexa I suma lor fiind egală cu:

$$\frac{-i\pi\, b(\omega_k)}{\omega_k\sqrt{\omega_b^2-\omega_k^2}} \quad \text{cînd } \omega_k < \omega_b \tag{16}$$

și

$$\frac{i\pi\, a(\omega_k)}{\omega_k\sqrt{\omega_k^2-\omega_b^2}} \quad \text{cînd } \omega_k > \omega_b \tag{16'}$$

Ținînd seamă de paritatea părții reale și imparitatea celei imaginare ale funcției $\theta(i\omega)$ și avînd în vedere (13), integrala după axa imaginară între $-i\omega_b$ și $i\omega_b$ va fi:

$$v.p.\int_{-i\omega_b}^{i\omega_b} \frac{\theta(p)\mathrm{d}p}{(\omega_k^2+p^2)\sqrt{\omega_b^2+p^2}} = 2i\int_0^{\omega_b} \frac{a(\omega)\,\mathrm{d}\omega}{(\omega_k^2-\omega^2)\sqrt{\omega_b^2-\omega^2}} \tag{17}$$

Prin datele problemei modulului funcției de transfer este constant în domeniul $0 - \omega_b$ ($a = a_0 = \ln\Gamma_0$). În cazul acesta expresia (17) poate fi calculată direct folosind schimbarea de variabilă $\omega = \dfrac{\omega_b x}{\sqrt{1+x^2}}$

$$2ia_0\int_0^{\omega_b} \frac{\mathrm{d}\omega}{(\omega_k^2-\omega^2)\sqrt{\omega_b^2-\omega^2}} = \frac{2ia_0}{\omega_b^2-\omega_k^2}\int_0^{\infty} \frac{\mathrm{d}x}{\frac{\omega_b^2}{\omega_b^2-\omega_k^2} - x^2} = 0$$

pentru $\omega_k < \omega_b$ (18)

$$= \frac{-2ia_0}{\omega_k\sqrt{\omega_k^2-\omega_b^2}}\int_0^{\infty} \frac{\mathrm{d}x\sqrt{1-\frac{\omega_b^2}{\omega_k^2}}}{1+\left(1-\frac{\omega_b^2}{\omega_k^2}\right)x^2} =$$

$$= \frac{-i\pi a_0}{\omega_k\sqrt{\omega_k^2-\omega_b^2}} \quad \text{pentru } \omega_k > \omega_b \tag{18'}$$

Valoarea integralelor pe porțiunile extreme ale axei imaginare va fi, ținînd seamă de (14) și (14'):

$$\int_{-\infty}^{-i\omega_b} \frac{\theta(p)\mathrm{d}p}{(\omega_k^2+p^2)\sqrt{\omega_b^2+p^2}} + \int_{i\omega_b}^{\infty} \frac{\theta(p)\mathrm{d}p}{(\omega_k^2+p^2)\sqrt{\omega_b^2+p^2}} =$$

$$= 2i\int_{\omega_b}^{\infty} \frac{b(\omega)\,\mathrm{d}\omega}{(\omega_k^2-\omega^2)\sqrt{\omega^2-\omega_b^2}}.$$

ANEXA I

Corelaţia între caracteristica de modul şi cea de fază a unei reţele de defazaj minim [2].

Să considerăm funcţia de transfer $\Gamma(p)=e^{\theta(p)}$ a unei reţele de defazaj minim, avînd, deci, toate zerourile şi polurile în semiplanul stîng al planului variabilei complexe p. Atunci $\theta(p)=\ln\Gamma(p)$ nu va avea în semiplanul drept nici un punct singular logaritmic şi va fi acolo analitică. Avînd în vedere că reţeaua are elemente concentrate, $\theta(i\omega)=a(\omega)+ib(\omega)$ are partea reală pară iar cea imaginară impară cu frecvenţa.

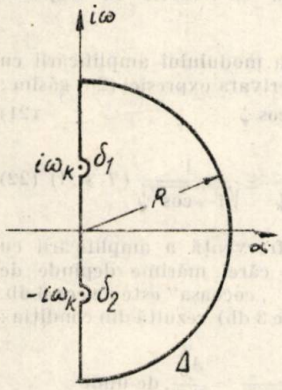


Fig. 23. Conturul de integrare.

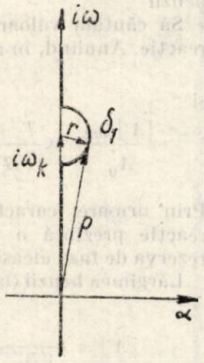


Fig. 24.

Ne interesează corelaţia între $|\Gamma(i\omega)|=e^{a(\omega)}$ şi $\arg\Gamma(i\omega)=b(\omega)$, mai exact, între caracteristica modulului şi valoarea fazei la o anumită pulsaţie ω_k.

Să alegem pe axa imaginară (axa pulsaţiilor reale) a planului $p=\alpha+i\omega$ două puncte conjugate $\pm\omega_k$ şi să integrăm funcţia $\dfrac{\theta(p)}{p\pm i\omega_k}$ după un contur Δ, ce cuprinde semiplanul drept (cînd R tinde către infinit) şi exclude punctele $\pm\omega_k$ unde această funcţie are poluri singulare (fig. 23). Avînd în vedere că pe conturul ales şi în interiorul lui funcţia este analitică, conform teoremei lui Cauchy, integrala pe contur este nulă :

$$\oint_{\Delta}\frac{\theta(p)}{p-i\omega_k}\,dp=\oint_{\Delta}\frac{\theta(p)}{p+i\omega_k}\,dp=0$$

şi

$$\oint_{\Delta}\frac{\theta(p)}{p-i\omega_k}\,dp-\oint_{\Delta}\frac{\theta(p)}{p+i\omega_k}\,dp=i2\omega_k\oint_{\Delta}\frac{\theta(p)}{p^2+\omega_k^2}\,dp=0. \quad (8)$$

Integrala pe contur se împarte în şase : integrala pe semicercul mare, pe cele două semicercuri mici δ şi pe trei segmente ale axei imaginare.

Dacă facem ca raza semicercului mare să tindă către infinit, spre a cuprinde tot semiplanul drept, prima integrală se va anula căci $\left|\dfrac{1}{p^2+\omega_k^2}\right|$ tinde către zero ca $1/R^2$, pe cînd $|\theta(p)|$ rămîne limitat.

Integrala în jurul punctului $i\omega_k$, cînd semicercul mic se strînge în jurul acestui punct, este :

$$\int_{\delta_1}\theta(i\omega_k)\left(\frac{1}{p-i\omega_k}-\frac{1}{p+i\omega_k}\right)dp=\theta(i\omega_k)\int_{\delta_1}\frac{dp}{p-i\omega_k}$$

punînd $p-i\omega_k=r=|r|e^{i\psi}$ (fig. 24), integrala devine :

$$\theta(i\omega_k)\int_{\delta_1}\frac{dr}{r}=i\theta(i\omega_k)\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}d\psi=i\pi\theta(i\omega_k)=i\pi[a(\omega_k)+ib(\omega_k)]$$

În acelaşi mod se obţine pentru integrala în jurul punctului $-i\omega_k$ valoarea : $-i\pi\theta(-i\omega)=-i\pi[a(\omega_k)-ib(\omega_k)]$.

Suma celor două rezultate este :

$$-2\pi b(\omega_k) \quad (9)$$

Cînd razele semicercurilor mici tind către zero, integrala pe cele trei segmente ale axei imaginare devine valoarea principală a integralei de-a-lungul axei imaginare :

$$v.p.-2\omega_k\int_{-\infty}^{\infty}\frac{\theta(i\omega)}{\omega_k^2-\omega^2}\,d\omega=-4\omega_k\int_{0}^{\infty}\frac{a(\omega)}{\omega_k^2-\omega^2}\,d\omega \quad (10)$$

(am ţinut seamă de paritatea părţii reale şi imparitate celei imaginare).

Înlocuind (9) şi (10) în (8) obţinem :

$$b(\omega_k)=-\frac{2\omega_k}{\pi}\int_{0}^{\infty}\frac{a(\omega)}{\omega_k^2-\omega^2}\,d\omega=\frac{2}{\pi}\int_{0}^{\infty}\frac{a(\omega)}{\dfrac{\omega}{\omega_k}-\dfrac{\omega_k}{\omega}}\,\frac{d\omega}{\omega}$$

Dacă notăm : $u=\ln\omega/\omega_k$ şi $\varphi_k=b(\omega_k)$ – faza la pulsaţia ω_k, expresia de mai sus se scrie :

$$\varphi_k=\frac{2}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{a(u)}{e^u-e^{-u}}\,du=$$

$$=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{a}{shu}\,du=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}a.d\left(\ln th\,\frac{|u|}{2}\right)=$$

$$=\frac{1}{\pi}\left[\left|a.\ln th\,\frac{|u|}{2}\right|_{-\infty}^{\infty}-\int_{-\infty}^{\infty}a'(u)\ln th\,\frac{|u|}{2}\,du\right]$$

cînd $u\to\pm\infty$, $th\,\dfrac{|u|}{2}$ are limitele 1 şi, deci $\ln th\,\dfrac{|u|}{2}$ zero, iar a(u) rămîne limitat ; prin urmare primul termen se anulează.

Notînd $\lambda=a'(u)=\dfrac{d\ln|\Gamma|}{d\ln\omega/\omega_k}$ – panta în plan dublu logaritmic a caracteristicii de modul, obţinem definitiv :

$$\varphi_k=-\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\lambda\ln th\,\frac{|u|}{2}\,du=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\lambda\ln cth\,\frac{|u|}{2}\,du \quad (1)$$

ANEXA II

Caracteristica de fază corespunzătoare caracteristicii de modul de pantă constantă semiinfinită [2].

Introducînd în expresia (3) o nouă variabilă $x=e^{-u}=f_k/f$ (de unde $x_m=e^{-u_m}=f_k/f_m$) vom obţine :

$$\varphi_k=\frac{\lambda}{\pi}\int_{0}^{x_m}\ln\left|\frac{1+x}{1-x}\right|\frac{dx}{x}. \quad (11)$$

Ţinînd seamă că $\ln\dfrac{1+x}{1-x}=2\left(x+\dfrac{x^3}{3}+\dfrac{x^2}{5}+\ldots\right)$ şi integrînd membru cu membru, căpătăm :

$$\varphi_k=\lambda\frac{2}{\pi}\left(x_m+\frac{x_m^3}{9}+\frac{x_m^5}{25}+\ldots\right)\quad(x_m\leqslant 1) \quad (12)$$

Avînd în vedere că în intervalul $\omega_b - \infty$ faza este constantă $\left(b = b_0 = \lambda\frac{\pi}{2}\right)$, expresia se integrează direct folosind schimbarea de variabilă $\omega = \frac{\omega_b}{\sqrt{1-x^2}}$

$$\frac{2ib_0}{\omega_k^2}\int_0^1 \frac{dx}{1-\frac{\omega_b^2}{\omega_k^2}-x^2} = \frac{-2ib_0 \operatorname{arc\,tg}\frac{1}{\sqrt{\frac{\omega_b^2}{\omega_k^2}-1}}}{\omega_k^2\sqrt{\frac{\omega_b^2}{\omega_k^2}-1}} =$$

$$= \frac{-2ib_0 \arcsin\frac{\omega_k}{\omega_b}}{\omega_k\sqrt{\omega_b^2-\omega_k^2}} \quad \text{pentru } \omega_k < \omega_b \qquad (19)$$

$$= \frac{2ib_0}{\omega_k\sqrt{\omega_k^2-\omega_b^2}} \ln\left(\frac{\omega_k}{\omega_b} + \sqrt{\frac{\omega_k^2}{\omega_b^2}-1}\right) \quad \text{pentru } \omega_k > \omega_b \qquad (19')$$

Înlocuind (16), (18) și (19) în (15) obținem:

$$b(\omega_k) = -\frac{2}{\pi} b_0 \arcsin\frac{\omega_k}{\omega_b} = -\lambda \arcsin\frac{\omega_k}{\omega_b} \quad \omega_k < \omega_b \qquad (5')$$

iar prin înlocuirea în (15) a expresiilor (16'), (18') și (19') căpătăm

$$a(\omega_k) = a_0 - \frac{2}{\pi} b_0 \ln\left(\frac{\omega_k}{\omega_b} + \sqrt{\frac{\omega_k^2}{\omega_b^2}-1}\right)$$

sau

$$\Gamma_{db} = \Gamma_0 - \lambda\, 20 \lg e \ln\left(\frac{\omega_k}{\omega_b} + \sqrt{\frac{\omega_k^2}{\omega_b^2}-1}\right) \quad \omega_k > \omega_b \qquad (5)$$

ANEXA IV

Caracteristica de frecvență a unui amplificator cu reacție corectat după Bode

Avînd în vedere necesitatea cunoașterii lărgimii de bandă a amplificatorului cu reacție și faptul că în literatură în această privință nu sînt indicații, vom stabili aici unii parametri ai caracteristicii de frecvență a amplificatorului cu reacție.

Să considerăm, capătul superior al benzii.

Admitem a priori că frecvențele caracteristice care urmează să le determinăm, se găsesc în interiorul benzii cuprinse între $2f_b$ și f'_b (fig. 15). În acest domeniu modulul amplificării pe buclă de reacție variază în planul dublu logaritmic, după dreapta de pantă λ_0 unității, deci $\frac{A_0\beta_0}{|A\beta|} = \left(\frac{2f}{f_b}\right)^{\lambda_0} = z$, iar faza este aproximativ constantă și egală cu $(180-\psi)$.

De cele mai multe ori circuitele de corecție se așează în calea de amplificare (adică se modelează caracteristica amplificatorului) coeficientul de reacție β rămînînd independent de frecvență. În acest caz, amplificarea fără reacție a amplificatorului corectat variază în același fel cu amplificarea pe buclă: $\frac{A_0}{|A|} = z$.

În condițiile enunțate modulul amplificării cu reacție este:

$$|A'| = \frac{|A|}{|1+A\beta|} = \frac{A_0/z}{\left|1-\frac{T}{z}|\psi\right|} =$$

$$= \frac{A_0/z}{\sqrt{1+\frac{T^2}{z^2}-2\frac{T}{z}\cos\psi}} = A'_0\frac{1+T}{\sqrt{z^2-2zT\cos\psi+T^2}} \qquad (20)$$

aici $T = A_0\beta_0$ amplificarea pe bucla în reacție în mijlocul benzii, $A'_0 = \frac{A_0}{1+T}$ amplificarea cu reacție în mijlocul benzii

Să căutăm valoarea maximă a modulului amplificării cu reacție. Anulînd, în acest scop, derivata expresiei (20) găsim:

$$z_M = T\cos\psi \qquad (21)$$

și

$$\frac{|A'|_{max}}{A'_0} = \frac{T+1}{T}\frac{1}{\sqrt{1-\cos^2\psi}} \approx \frac{1}{\sqrt{1-\cos^2\psi}} \quad (T \gg 1) \qquad (22)$$

Prin urmare, caracteristica de frecvență a amplificării cu reacție prezintă o „cocoașă" a cărei mărime depinde de rezerva de fază aleasă. La $\psi = 30°$ „cocoașa" este de cca 6 db.

Lărgimea benzii (la atenuarea de 3 db) rezultă din condiția:

$$|A'| = \frac{A'_0(1+T)}{\sqrt{z^2-2zT\cos\psi+T^2}} = \frac{A'_0}{\sqrt{2}}, \text{ de unde:}$$

$$z = \left(\frac{2f}{f_b}\right)^{\lambda_0} = T\left[\cos\psi + \sqrt{\cos^2\psi+1+\frac{2+4T}{T^2}}\right] \approx$$

$$\approx T\left[\cos\psi + \sqrt{\cos^2\psi+1}\right]$$

și

$$\frac{f}{f_b} = \sqrt[\lambda_0]{T}\,\frac{\sqrt[\lambda_0]{\cos\psi+\sqrt{\cos^2\psi+1}}}{2} \approx 0{,}8\sqrt[\lambda_0]{T} \approx \sqrt[\lambda_0]{T} \approx \sqrt[\lambda_0]{F} \qquad (23)$$

Este ușor de verificat că cele două frecvențe caracteristice (limita benzii și frecvența la care are loc maximul modulului amplificării) respectă limitarea admisă în ceea ce privește domeniul.

La capătul inferior al benzii lucrurile stau simetric.

BIBLIOGRAFIE.

[1] H. W. BODE: *Relation between attenuation and phase in feedback amplifier design.* The Bell System Technical Journal. iulie 1940.

[2] H. W. BODE: *Network analysis and feedback amplifier design.* New York 1946.

[3] H. NYQUIST: *The theory of regenerelion.* The Bell System Technical Journal. ianuarie 1932.

[4] Gh. CARTIANU: *Stabilitatea unui circuit electric oarecare cu rezistența negativă, în sistemele lineare și nelineare.* Bulet. Științ. Secțiunea de șt. mat. și fiz. tom III Nr. 2 1951.

[5] J. RODRIGUIES DE MIRANDA: *Amplificateurs basse-frequence alimentant directement un haut parleur.* Revue Technique Philips, tom 19, Nr. 1.

[6] W. A. LYNCH: *The stability problem in feedback amplifiers.* Proc. I.R.E. sept. 1951.

[7] D. E. THOMAS: *Tables of phase associated with a semi-infinite unit slope of attenuation.* The bell system technical journal octom. 1947.

[8] V. LEARNED: *Corrective networks for feedback circuits.* Proc. I.R.E. iulie 1944.

[9] G. R. BURROWS, A. DECINO: *Ultra-short-wave multiplex.* Proc. I.R.E. febr. 1945.

[10] T. USHER Jr.: *A nonlinear low-frequency instability phenomenon in audio amplifiers.* A.I.E.E. Transactions, vol. 76, (1957).

RECENZII

CZ 621-52:621.398:621.311.161

PENESCU C. I.: **Automatica şi telemecanica sistemelor energetice**, vol. I, Editura Academiei R.P.R., p. 785.

O opinie de ansamblu asupra lucrării se va putea cristaliza după apariţia tuturor volumelor, totuşi, vol. I cuprinde părţi de sine stătătoare asupra cărora, bineînţeles, se pot face aprecieri chiar de pe acum. Prima parte de aproximativ 133 pagini, cuprinde consideraţii generale asupra aplicării automaticii şi telemecanicii în sistemele energetice şi aparatajul folosit în automatică şi telemecanică. Partea a doua — 210 pagini — face o expunere completă a teoriei sistemelor de reglare liniare, constituind prima expunere tipărită în limba romînă a acestei teorii. Expunerea urmează un plan devenit clasic în acest domeniu. Trebuie remarcat însă capitolul care se referă la evaluarea performanţelor sistemelor automate liniare în circuit închis care cuprinde reprezentarea acestor probleme într-o sinteză foarte reuşită. In această parte însă credem că trebuiau introduse 2—3 exemple de sisteme de automate la care să se aplice consideraţiile teoretice respective. Expunerea sistemelor neliniare ocupă un număr redus de pagini şi ţinînd seama de importanţa pe care asemenea sisteme o capătă în ultimul timp, ar fi fost de dorit să i se rezerve un spaţiu mai larg. Partea a treia a volumului — automatizări în circuit inchis; reglarea automată în sistemele energetice — reprezintă partea cea mai importantă a volumului. Expunerea documentată şi completă, exemplele alese şi analizarea lor denotă din partea autorului o temeinică cunoaştere a domeniului. Această parte de sinteză tratează un domeniu în care sînt puţine lucrări de sinteză în literatura mondială. Trebuie de asemenea semnalat că în această parte sînt cuprinse şi contribuţii originale ale autorului în domeniile automatizărilor energetice.

In capitolul introductiv se face o analiză a regimurilor tranzitorii staţionare în sistemele energetice şi se arată importanţa lor. Această analiză, făcută în particular asupra efectelor perturbaţiilor, este completă şi serveşte ca bază pentru restul capitolelor. In partea rezervată reglării automate a tensiunii şi puterii reactive, după unele consideraţii generale se face un studiu amănunţit al sistemelor electromecanice, electrice şi electromagnetice, întrebuinţîndu-se metodele expuse în partea a doua a volumului. Se cuprinde aici şi o descriere amănunţită a diferitelor aparaturi întîlnite. Unele din studiile teoretice din acest capitol cuprind şi contribuţii originale ale autorului.

Capitolul consacrat reglării automate a frecvenţei şi puterii reactive credem că trebuie considerat ca una din părţile cele mai reuşite ale întregului volum. In acest capitol se explică necesitatea menţinerii frecvenţei în limite foarte strînse, făcîndu-se o analiză amănunţită din punct de vedere tehnico-economic. In studiul caracteristicilor principale ale instalaţiilor de energetică se cuprinde şi o descriere sumară a construcţiilor respective, cum şi comportarea dinamică a acestora. Se insistă în special asupra realizărilor din acest domeniu.

Criticile care se pot aduce acestei lucrări sînt următoarele: avantajele introducerii automaticii şi telemecanicii în sistemele energetice nu sînt tratate în proporţie cu importanţa investiţiilor provocate de această automatizare şi telemecanizare. Credem că această lipsă trebuie remediată de autor într-unul din volumele ulterioare. S-a rezervat un loc prea mare pentru aparatura îndeobşte cunoscută, pe de altă parte s-au expus prea sumar elementele cu care se realizează instalaţiile de telemecanică moderne. Terminologia întrebuinţată nu este însă totdeauna satisfăcătoare. De exemplu, introducerea termenelor „organ de acţionare" şi „organ de execuţie", primul format din dispozitivul de automatizare şi al doilea reprezentînd procesul tehnologic automat în întregime, va da loc desigur la confuzii. Credem că ar fi trebuit să se amintească în tabela de la pag. 533 şi de terminologia propusă de Comisia de automatizare a Academiei R.P.R. Introducerea funcţiei de transfer ar fi trebuit să fie mai strîns legată de exprimarea prin ecuaţii diferenţiale a comportării sistemului automat. In acest fel ar fi fost posibilă şi o mai riguroasă comentare a influenţei condiţiilor iniţiale.

Din punct de vedere tipografic lucrarea reprezintă un succes pentru Editura Academiei R.P.R. în ceea ce priveşte textul, formulele cît şi calitatea figurilor introduse

In concluzie, volumul publicat de tov. prof. C. I. PENESCU reprezintă, din punct de vedere ştiinţific şi tehnic, o importantă lucrare de sinteză la nivelul mondial al publicaţiilor, privind automatizarea şi telemecanizarea sistemelor energetice. Apariţia volumului este desigur primită cu satisfacţie de către inginerii, tehnicienii şi specialiştii în domeniul sistemelor energetice, domeniu atît de important şi în plină dezvoltare.

Ing. I. PAPADACHE

CZ 621.374:621-53:517.949.2

ŢIPKIN I. S.: **Ecuaţiile cu diferenţe ale schemelor de impulsii şi de reglare**. Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad 1951, (trad. l. germană Verlag Technik, Berlin, 1956).

Axată pe tehnica impulsurilor şi a reglărilor cu circuit închis, deci pe teme de cea mai acută actualitate, cartea dezvoltă şi aplică o teorie proprie a fenomenelor staţionare şi tranzitorii din circuite şi sisteme cu variaţii bruşte ale parametrilor, sau sub influenţa unor forţe exterioare care variază în salturi. Baza acestei teorii o reprezintă aplicarea transformaţiei funcţionale a lui Laplace la funcţiuni de timp în trepte şi salturi, cît şi la soluţionarea unor ecuaţii cu diferenţe finite, care descriu funcţionarea schemelor de reglare şi comandă cu impulsii, cu variaţii discontinue ale parametrilor.

Aplicarea cu succes a acestei metode la soluţionarea problemelor ce apar în tehnica impulsurilor şi a reglărilor automate în trepte, a permis dezvoltarea unei metodici unitare de calcul de o mare eficacitate, analogă celei cunoscute în studiul reglărilor continui.

Materialul este împărţit în patru capitole urmate de anexe, bibliografie şi indice pe materii.

In primul capitol se dezvoltă teoria transformaţiei Laplace „discrete", care permite a reprezenta convenabil funcţii cu salturi şi impulsii discontinue. O funcţie în treaptă sau cu salturi se numeşte o funcţie a cărei valoare variază numai pentru anumite valori discrete ale variabilei independente reale, variaţii ce se succed la intervale egale. Pentru orice valoare intermediară a variabilei independente, funcţia rămîne constantă. Simbolul unei funcţii de acest fel se alege $f[nT]$, $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$, T fiind intervalul salturilor care se alege unitar. Astfel de funcţii au „diferenţe" de diferite ordine, analoge cu diferenţialele respectiv derivatele funcţiilor continui.

Transformarea Laplace discretă se defineşte prin relaţia

$$F^*(q) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-qn} f[n] \equiv D\{f[n]\}, \qquad (1)$$

unde $q = \sigma + j\tau$ este parametrul complex al transformaţiei, analog cu cel al transformaţiei clasice notat cu p sau cu s. Regulile de transformare ale sumei diferenţelor de diferite ordine, ale deplasării, ale produsului compus, sînt identice sau similare cu cele ale transformaţiei clasice.

Transformaţia discretă Laplace este instrumentul matematic cel mai potrivit pentru soluţionarea ecuaţiilor cu diferenţe finite. Soluţiile se obţin prin teoreme de dezvoltare, similare cu cele ale lui Heaviside, sau cu ajutorul transformaţiei discrete inverse definită prin relaţia:

$$f[n] = D^{-1}\{F^*(q)\} = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\pi}^{c+j\pi} F^*(q)\, e^{nq}\, dq \qquad (2)$$

analogă cu transformaţia inversă Laplace sau Fourier. Ca şi acolo, c este o constantă reală pozitivă, mai mare decît raza de convergenţă aleasă, astfel ca toate punctele singulare ale funcţiei analitice $F^*(q)$ să cadă în stînga lui c, deci să aibă părţi reale mai mici decît c.

Teorema reziduurilor dă în cazul unor puncte singulare simple q_v,

$$f[n] = \sum_v \mathrm{Rez}_{q_v} [F^*(q)\, e^{q(n-1)}] =$$

$$= \sum_v \lim_{q \to q_v} \{F^*(q)(e^q - e^{q_v})\, e^{q(n-1)}\} \qquad (3)$$

deci se face suma reziduurilor în punctele e^{q_v}.

Aplicaţii la această teorie se oferă imediat. Autorul arată că se pot calcula lanţuri de cuadripoli operînd numai cu termenul general (de ordin n) al lanţului, curentul şi tensiunea elementului respectiv rezultînd din formule compacte în funcţie de mărimile de intrare şi ieşire în mers în gol şi în scurtcircuit. Lanţul de izolatori de înaltă tensiune se calculează de asemenea cu cea mai mare uşurinţă, repartizarea tensiunii rezultînd în trepte, iar nu din anumite valori ale unei funcţii continue, ca în cazul ipotezei unui număr infinit de elemente. Coeficientul de amplificare al unui amplificator cu n etaje rezultă de asemenea imediat din calculul schemei echivalente a lanţului de cuadripoli corespunzător.

În capitolul al doilea teoria se aplică la „cuadripolii de impuls", conţinînd un element de impuls ce transformă mărimea continuă de la intrare (tensiunea sau curentul) într-o succesiune de impulsuri de durată egală, dar cu amplitudini modulate în timp după funcţia de timp a mărimii aplicate la intrare. Restul elementelor cuadripolului se presupun lineare. Cazuri concrete intervin în schemele conţinînd contacte de relee sau redresoare ideale, sau bobine saturate cu caracteristică dreptunghiulară, deci elementele cele mai frecvente ale circuitelor „electrotehnicii moderne". Teoria dezvoltată de autor permite calcularea imediată a mărimii de ieşire a cuadripolului de impuls, pe baza funcţiei de timp a mărimii la intrare şi a datelor caracteristice ale lanţului de cuadripoli.

Introducînd un timp numeric $\bar{t}$ prin raportare la durata T a perioadei în care impulsurile se repetă (durata impulsului este o fracţiune γ a duratei perioadei), se pot scrie imediat expresiile mărimilor funcţiilor de transfer corespunzătoare impulsurilor unitare la intrare. Acestor expresii li se aplică transformaţia (1) şi prin aceasta problema se reduce la metodele analoge întrebuinţate în automatică. Se definesc doi factori de transfer ai cuadripolilor de impuls, dintre care numai unul este valabil în funcţie de încadrarea parametrului $\varepsilon = \bar{t} - n = \Delta t/T$, unde Δt este timpul de la ultimul impuls. Problemele cuadripolilor de impuls se rezolvă astfel prin inversarea expresiilor „factorilor de transfer", cu ajutorul teoremelor de dezvoltare sau de reziduuri.

Exemple de aplicaţii se iau din schemele simple LR sau CR cărora li se adaugă un element de impuls. Schema rezultînd din legarea în paralel sau în serie a unor cuadripoli de impuls se tratează uşor prin însumarea respectiv înmulţirea factorilor de transfer corespunzători.

Lăsînd să varieze în mod continuu mărimile subunitare γ şi ε definite mai sus, se pot trata cu această metodă şi cazuri cînd funcţia la intrare este o funcţie continuă arbitrară de timp. Se deduc expresii pentru regimurile tranzitorii şi staţionare ale mărimii de ieşire. Cuadripolii de impuls se pot caracteriza prin „caracteristica de timp" care dă desfăşurarea în timp a mărimii de ieşire după aplicarea unei trepte unitare la intrare, sau tot atît de bine prin „caracteristica de frecvenţă" care dă desfăşurarea regimului staţionar după o excitare armonică la intrare în funcţie de frecvenţa aplicată. Se pot desena locuri geometrice ale caracteristicii de frecvenţă ca în cazul sistemelor automate. Ca aplicaţii se calculează încălzirea electrică intermitentă aşa cum rezultă în circuite cu regulatoare avînd două poziţii (relee termice). Rezultă consumul relativ de căldură în funcţie de durata de anclanşare în regim tranzitoriu şi staţionar. Această problemă pentru care pînă în prezent nu se cunoşteau decît metode empirice (prin măsurători) se poate rezolva integral prin calcul, ceea ce este extrem de important pentru proiectare şi exploatare. Un alt exemplu este calculul distorsiunii filtrelor cu bandă largă, ceea ce permite stabilirea parametrilor fundamentali ai filtrului în funcţie de distorsiunea admisă. În fine, se tratează ondulorii electrici cu excitaţie separată (cu tiratroane), calculîndu-se tensiunea pe o sarcină rezistivă.

Capitolul al treilea se ocupă cu sisteme de transmisie avînd reacţii cu impulsuri care apar des în sistemele automate, pentru reglarea temperaturii, presiunii, debitului etc. Calculul se reduce şi în acest caz la operaţii cu coeficienţi (mai bine zis funcţii de transfer), care permit obţinerea uşoară a desfăşurării fenomenelor periodice sau staţionare în aceste sisteme. Pentru cazul cînd funcţia de transfer are poli multipli în origine se dă o metodă nouă de a obţine soluţii valabile care se bazează pe deplasarea funcţiilor de transfer elementare.

Problemele stabilităţii acestor sisteme se pot trata în analogie cu criteriile şi metodele cunoscute. Ca exemplu se calculează detaliat o schemă automată de reglare a temperaturii cu un regulator cu două poziţii incluzînd o cercetare minuţioasă a stabilităţii pe baza caracteristicilor de frecvenţă şi optimalizare a sistemului. Această din urmă problemă se rezolvă după metoda integrală, prin minimalizarea sumei patratelor abaterilor mărimii de ieşire. În acest scop se recurge cu mult folos la expresiile simple ce permit calculul suprafeţei de sub o curbă în trepte şi a pătratului ei.

Sistemele de reacţie cu relee, avînd un ciclu histerezis formează obiectul ultimului capitol. Se obţin criterii pentru stabilitatea şi oscilaţiile proprii ale acestor sisteme tratate ca scheme cu elemente de impuls. De fapt, ele se deduc din schemele tratate în capitolul anterior dacă elementul de impuls se înlocuieşte cu un releu avînd histerezis. Ca exemple se repetă reglarea automată de temperatură, se prezintă reglarea automată a cursului unui avion şi funcţionarea unui oscilator cu lampă triodă.

O tabelă de transformări Laplace discrete şi de funcţii de impuls, o listă bibliografică cu 17 referinţe şi un indice pe materii încheie lucrarea.

Să ne fie permis a face cîteva observaţii asupra fondului şi formei de prezentare. Apropierea continuă de metodele calculului cu transformaţia Laplace clasică, oferă cititorului posibilitatea unei comparaţii imediate a dezvoltării teoriei sistemelor cu impulsuri cu cea a sistemelor cu variaţii continui, ceea ce contribuie în mod hotărîtor la perceperea şi înţelegerea uşoară a metodei. Introducerea frecventă şi imediată a unor exemple de calcul sau a unor aplicaţii face textul mai variat, mai intuitiv şi în orice caz mai accesibil pentru inginerii mai puţin deprinşi cu citirea unor opere de matematici superioare. De altfel, aceste exemple sînt astfel alese ca tratarea lor să poată fi urmărită fără creion şi hîrtie. Aplicaţiile s-au ales de asemenea, din cele mai diferite domenii, începînd cu mecanica, electrotehnica, electronica, automatica, aviaţia etc., astfel că foarte mulţi ingineri vor găsi în carte material care-i interesează direct.

Desfăşurarea materialului de la simplu spre complicat, de la necesităţile concrete la metodele abstracte şi apoi înapoi la aplicaţiile practic-concrete, permite urmărirea metodelor pînă la consideraţiile cele mai complicate, care se dezvoltă normal, pe baza teoremelor dezvoltate anterior. Bine dozată este şi repartizarea între text şi formule, nefăcîndu-se exces de prea multe formule unde nu este absolut necesar.

Arma cea mai eficace a autorului în descoperirea unor metode noi pare a fi *analogia* pe care o aplică magistral. Un progres al metodelor rezultă din apelul continuu la raporturi adimensionale caracteristice, ce devin parametri de calcul. Teoria similitudinii nu apare evident, dar este indirect prezentă peste tot. Astfel, în calcule autorul găseşte forma cea mai simplă de exprimare.

Am observat o singură greşeală de tipar în ediţia germană, la pag. 30, rîndul 6 de jos, trebuie să se scrie $f[0] = 0$ în loc de $f[n] = 0$, ceea ce contravinea propoziţiei din rîndul precedent.

Cartea este, incontestabil remarcabilă şi originală. Cu toate că metodele matematice aplicate la studiul sistemelor cu impulsuri erau în fond cunoscute (ecuaţii cu diferenţe finite au fost tratate cu transformaţia Laplace discretă şi de G. Doetsch), problemele ce intervin nu au fost adîncite decît de autor prin analiza mai adîncă a particularităţilor, prin adaptarea la o serie de tipuri de probleme ce intervin în practică şi prin apropierea continuă şi extrem de eficace a teoriei de aplicaţii care intervin des în electrotehnică, electronică şi în automatizări.

Dr. ing. A. AVRAMESCU

I. P. 2 c. 2941

СОДЕРЖАНИЕ

ДК **621.384.833 :541.28**

ARDENNE, M. VON. :

О генераторе электронных пучков для радиохимических работ.

Automatica şi electronica, III (1959) № 5, стр. 201—205.

Описывается конструкция генератора электронных пучков применяемого для радиохимических работ. Обсуждается размещение генератора и соответствующих установок для этого вида работ. Отмечается что получаемые дозы удовлетворяют нужды текущих радиометрических работ.

ДК **621.316.718.5.078**

DAMSKER, D. :

Место корня в проектировании авторегулировки вращения двигателя питаемого отдельными генераторами.

Automatica şi electronica, III (1959) № 5 стр. 206—210.

Построение места корня осуществляется без особых затруднений графическим способом, если известны нули и полюсы F (s) , а следовательно, и открытой цепи, по которой ведется наблюдение за стабильностью. Таким образом достигается скоростной и эффективный способ анализа и синтеза линейных регулировочных систем.

ДК **621.376.4 :621.317.39 :620.172.216**

ZAHARESCU, A. и PROCOPOVICI, E. :

Анализ и расчет „кольцевого" детектора используемого в тензометрических усилителях.

Automatica şi electronica, III (1959) № 5, стр. 211—214.

Рассматривается чувствительный фазовый детектор, часто применяемый в электронной тензометрической аппаратуре. Приводится функциональный анализ цепи для определения соотношений связывающих ток посредством нагрузки в зависимости от напряжений и параметров сети.

ДК **621.373.423 :621.374**

MARTALOGU, N., MOLEA, M. и SCÎNTEIE, N. :

Отражательный клистрон в качестве импульсного генератора в области наносекунд.

Automatica şi electronică, III (1959) № 5, стр. 214—218.

Экспериментально изучается режим работы отражательного клистрона с импульсным питанием. При этом указывается, что в данном случае он может служить в качестве импульсного генератора в области наносекунд.

ДК **621.314.65 :621.316.543 — 523.8**

ROGOJAN, AL. и MUREŞAN, T. :

Электронный распределитель.

Automatica şi electronica III (1959) № 5, стр. 218—220.

Показываются изменения, внесенные в указанную в литературе схему кольцевого электронного счетчика и описывается новая улучшенная схема. С помощью последней создана схема импульсного распределения для управления ртутным выпрямителем. Приводятся полученные практические результаты.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК **621.375.132.016.35**

PAUKER, V. :

Стабильность усилителей с отрицательной реакцией.

Automatica şi electronica, III (1959), № 5, стр. 221—230.

РЕЦЕНЗИИ, стр. 231—232.

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.384.833.541.28

ARDENNE, M. VON :

Über eine Elektronenstrahl - Generator-Anlage für strahlenchemische Arbeiten.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 5, S. 201—205.

Es wird der Bau eines bei strahlenchemischen Arbeiten verwendeten Elektronenstral-Generators beschrieben. Es wird die Aufstellung des Generators und des dazugehörigen Vorrichtungen für die Arbeiten denen er bestimmt ist, diskutiert. Es wird gefolgert, dass die erhaltenen Dosisleistungen für die laufenden strahlenchemischen Arbeiten genüngen.

DK 621.316.718.5.078

DAMSKER, D. :

Der geometrische Ort der Wurzel im Entwurf der selbsttätigen Drehzahlregelung eines von getrennten Generatoren gespeisten Motors.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 5, S. 206—210.

Der geometrische Ort der Wurzel kann verhältnismässig leicht mit graphischen Mitteln gefunden werden, wenn die Null-und Polstellen der Funktion F(s), also des offenen Kreises nach dem die Stabilität verfolgt wird. Dadurch erhält man ein schnelles und leistungsfähiges Mittel zur Analyse und Synthese von linearen Regelungssystemen.

DK 621.376.4 :621.317.39 :620.172.216

ZAHARESCU, A. u. PROCOPOVICI, E. :

Analyse und Berechnung des in tensometrischen Verstärkern verwendeten „Ring" — Detektors.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 5, S. 211—214.

Es wird der in tensometrischen elektro ischen Geräten laufend verwendete phasenempfindliche Detektor untersucht. Es wird eine Untersuchung der Arbeitsweise des Kreises vorgenommen, um die Beziehungen zu ermitteln die den Laststrom als Funktion der Spannungen und der Kreisparameter geben.

DK 621.373.423 :621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. u. SCÎNTEIE, N. :

Reflex-Klystron als Impulsgenerator im Nanosekundenbereich.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 5, S. 214—218.

Es wird experimentell die Arbeitsweise des impulsgespeisten Reflex-Klystrons untersucht und gezeigt, dass es in diesem Fall als Impulsgenerator im Nanosekundenbereich dienen kann.

DK 621.314.65 :621.316.543 — 523.8

ROGOJAN, AL. u. MUREŞAN, T. :

Elektronischer Verteiler

Automatica şi electronica, III (1959) H. 5, S. 218—220.

Es werden die Änderungen angezeigt, die einer im Schrifttum zitierten elektronischen Ringzählschaltung gebracht wurden und eine neue, verbesserte Schaltung dargelegt. Mit Hilfe letzterer wird eine Impulsverteilerschaltung zur Steuerung eines Quecksilberdampfgleichrichters zusammengestellt. Es werden die nach der praktischen Ausführung erhaltenen guten Kenndaten angeführt.

FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

DK 621.375.132.016.35

PAUKER, V. :

Die Stabilität gegengekoppelter Verstärker.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 5, S. 221—230.

BUCHBESPRECHUNGEN, S. 231—232.

SOMMAIRE

CD 621.384.833 :541.28

ARDENNE, M. VON :

Sur une installation génératrice de fasicule d'électrons pour des travaux de radiochimie.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 201—205.

On décrit la construction de générateur du fascicule d'électrons utilisé aux travaux radiochimiques. On discute l'emplacement du générateur et des installations afférentes en vue des travaux aux quels il est destiné. On conclut que les dozes de délut obtenues satisfont aux travaux radiochimiques courants.

CD 621.316.718.5.078

DAMSKER, D. :

Le lieu géométrique de la racine dans le projet du réglage automatique de la vitesse de rotation du moteur alimenté par des générateurs séparés.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 206—210.

Le lieu géométrique de la racine peut être facilement construit par des moyens graphyques, lorsqu'on connaît les zéros et les pôles de $F(s)$, donc du circuit ouvert, d'après lequel on poursuit la stabilité. De cette facon on obtient un moyen rapide et efficace d'analyse et de synthèse des systèmes de réglage linéaires.

CD 621.376.4 :621.317.39 :620.172.216

ZAHARESCU, A. et PROCOPOVICI, E. :

L'analyse et le calcul du détecteur „en anneau" utilisé dans les amplificateurs tensométriques.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 211—214.

On étudie le détecteur sensible à la phase, fréquement utilisé dans l'appareillage, electronique de tensométrie. On fait une analyse fonctionnelle du circuit, pour déterminer les relations qui lient le courant de la charge aux tensions et aux paramètres du circuit.

CD 621.373.423 :621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M. et SCINTEIE, N. :

Le clystron reflexe comme générateur d'impulsion dans le domaine des nanosecondes.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 214—218.

On étudie expérimentalement le régime de travail du clystron reflexe alimenté en impulsions, en montrant que dans ce cas il peut servir comme générateur d'impulsions dans le domaine des nanosecondes.

CD 621.314.65 :621.316.543—523.8

ROGOJAN, AL. et MURESAN, T. :

Distributeur électronique.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 218—220.

On montre les modifications apportées au schéma d'un compteur électronique en anneau, cité dans la littérature et on présente un schéma nouveau, amélioré. On dresse à l'aide de ce dernier le schéma d'un distributeur d'impulsions pour la commande d'un redresseur à vapeurs de mercure. On montre les bonnes performances obtenues lors de sa réalisation pratique.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.375.122.016.35

PAUKER, V. :

La stabilité des amplificateurs à réaction négative.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 221—230.

COMPTES—RENDUS, p. 231—232.

CONTENTS

DC 621.384.833 :541.28

ARDENNE, M. VON :

On an install on generating an electron beam for radiochemical work

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 201—205.

The construction of an electron beam generator is described, used for radio chemical work. The byaout the generator and of the appending instalations are discussed. The conclusion is drawn that the doserates obtained are satisfactory for radiochemical works of current interest.

DC 621.316.718.5.078

DAMASKER, D. :

The root-locus in the design of the automatic speed-control of a motor supplied by separate generators.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 206—210

The root- locus may be easily constructed by graphical means, when the poles and zeros are known of $F(s)$, the transfer function of the open loop, after which the stability is sought. This offers a rapid and efficient means for the analysis and synthesis of linear control systems.

DC 621.376.4 :621.317.39 :620.172.216

ZAHARESCU, A. and PROCOPOVICI, E. :

The analysis and design of the ring detector used in amplifiers for tensometry

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 211—214.

The phase-sensitive detector is studied, which is frequently used in electronic devices for tensometry. A functional analysis of the circuit is made, to determine the relations between load current and the tensions and parametres of the circuit.

DC 621.373.423 :621.374

MARTALOGU, N., MOLEA, M., and SCINTEIE, N. :

The reflex clystron as pulse generator in the nanosecond domain.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 214—218

The mode of operation of the reflex clystron with pulse supply is studied experimentally, showing that, in this case, it may be used as a puls generator in the nanosecond domain.

DC 621.314.65 :621.316.543—523.8

ROGOJAN, AL. and MURESAN, T. :

Electronic distributor.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 218—220.

The alterations are shown, made upon a ring electronic counter circuit, known in the literature, leading to a new and improved circuit. The latter circuit is used for a pulse distributor for the control of a mercury rectifier. Good performance is obtained after practical realization of the circuit.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 621.375.132.016.35

PAUKER, V. :

The stability of negative feed-back amplifiers.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 5, p. 221—230.

BOOKS, p. 231—232.

SOCIETATEA POLONEZĂ DE COMERȚ EXTERIOR

WARSZAWA 2, CZACKIEGO 15/17
B. P. 254
TELEFON: 6-62-71
INTERNAȚIONAL: 10-415

„Elektrim"

Exportă

Voltmetre și ampermetre electromagnetice pentru tablouri

tip EM

În cutie rotundă de diametru
85 — 200 mm

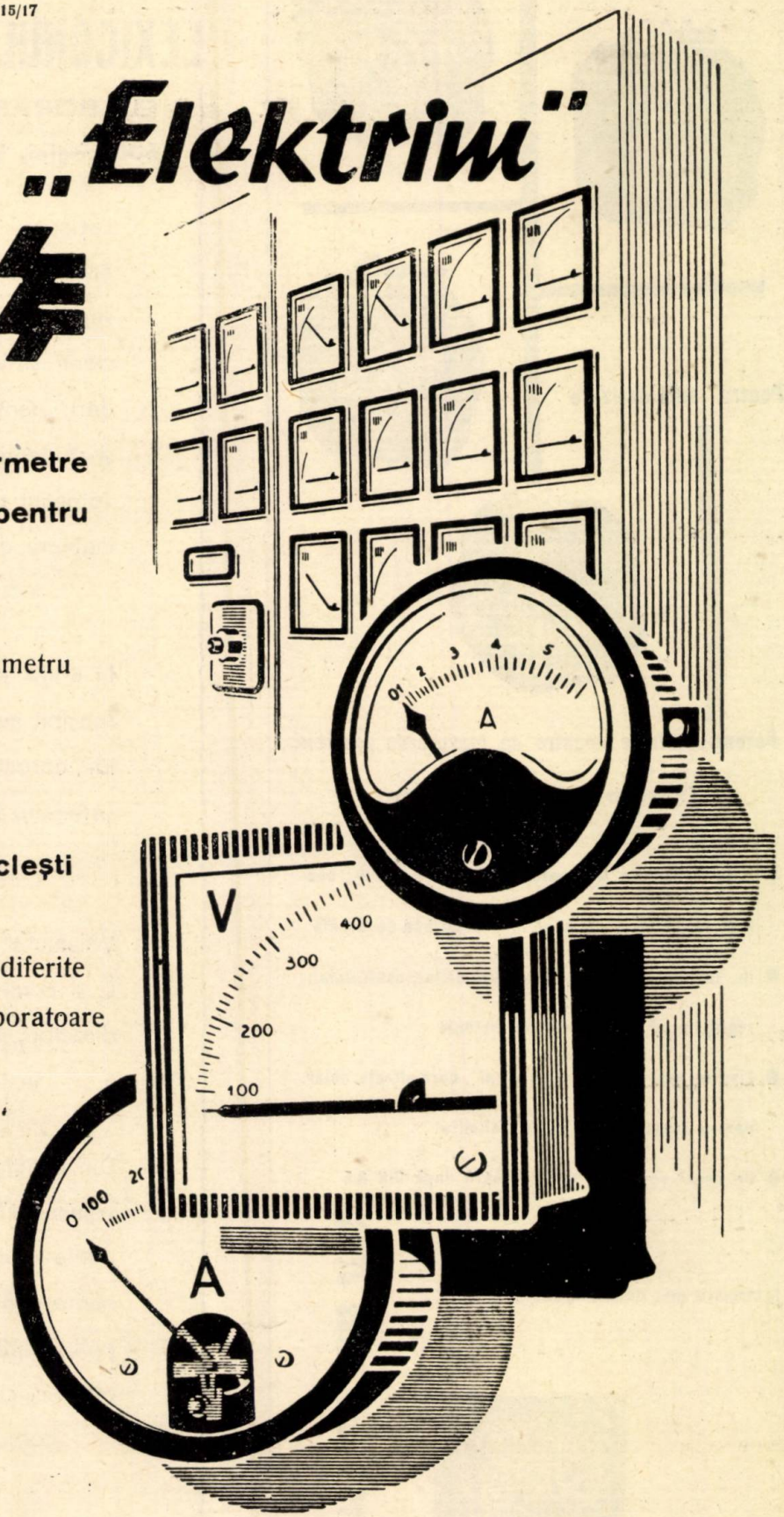
sau

în cutie pătrată

Ampermetre cu cleşti

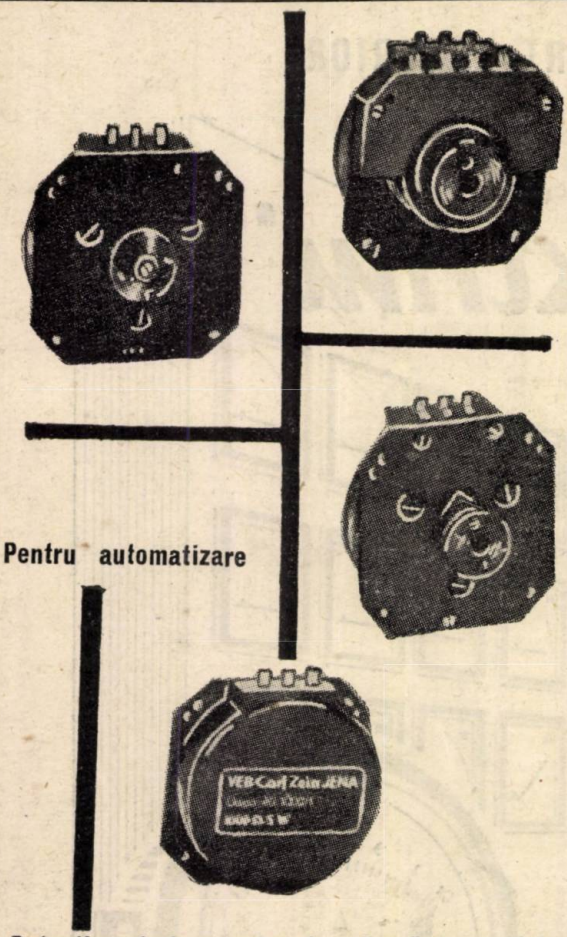
cum și

Aparate de măsură de diferite sensibilități pentru laboratoare



Pentru toate lămuririle adresați-vă la:

AMBASADA REPUBLICII POPULARE POLONE
CONSILIERUL COMERCIAL
BUCUREŞTI
Bd. I. V. Stalin 24



Pentru automatizare

Potențiometrele noastre de măsură de precizie

Elementele constructive de încredere

- **liniaritatea cea mai înaltă: ± 1 ‰ și ± 2 ‰ cea mai lungă viață chiar și în exploatarea de durată**
- **în tehnica modernă a măsurătorilor, controlului, reglajului și comenzilor la distanță**
- **Livrăm mai multe dimensiuni normalizate chiar pentru transmisii cu unghi nelimitat**
- **Un bogat sortiment de rezistoare după DIN R 5**

Informații mai detaliate sub 13/„PMP"

CARL ZEISS JENA

VEB Carl Zeiss JENA

În Editura Tehnică a apărut:

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

ELABORARE NOUĂ — VOL. V

600 pagini, legat, 115 lei exemplarul

Lexiconul Tehnic Romîn este o enciclopedie tehnică de nivel superior întocmită pentru tehnicienii și inginerii din întreprinderi, pentru cadrele didactice și studenții din institutele de învățămînt superior, cum și pentru inginerii din institutele de proiectări și cercetări.

•

În noua ediție materialul este sensibil mărit și îmbunătățit, iar caracterul enciclopedic al sistematizării lui este și mai accentuat.

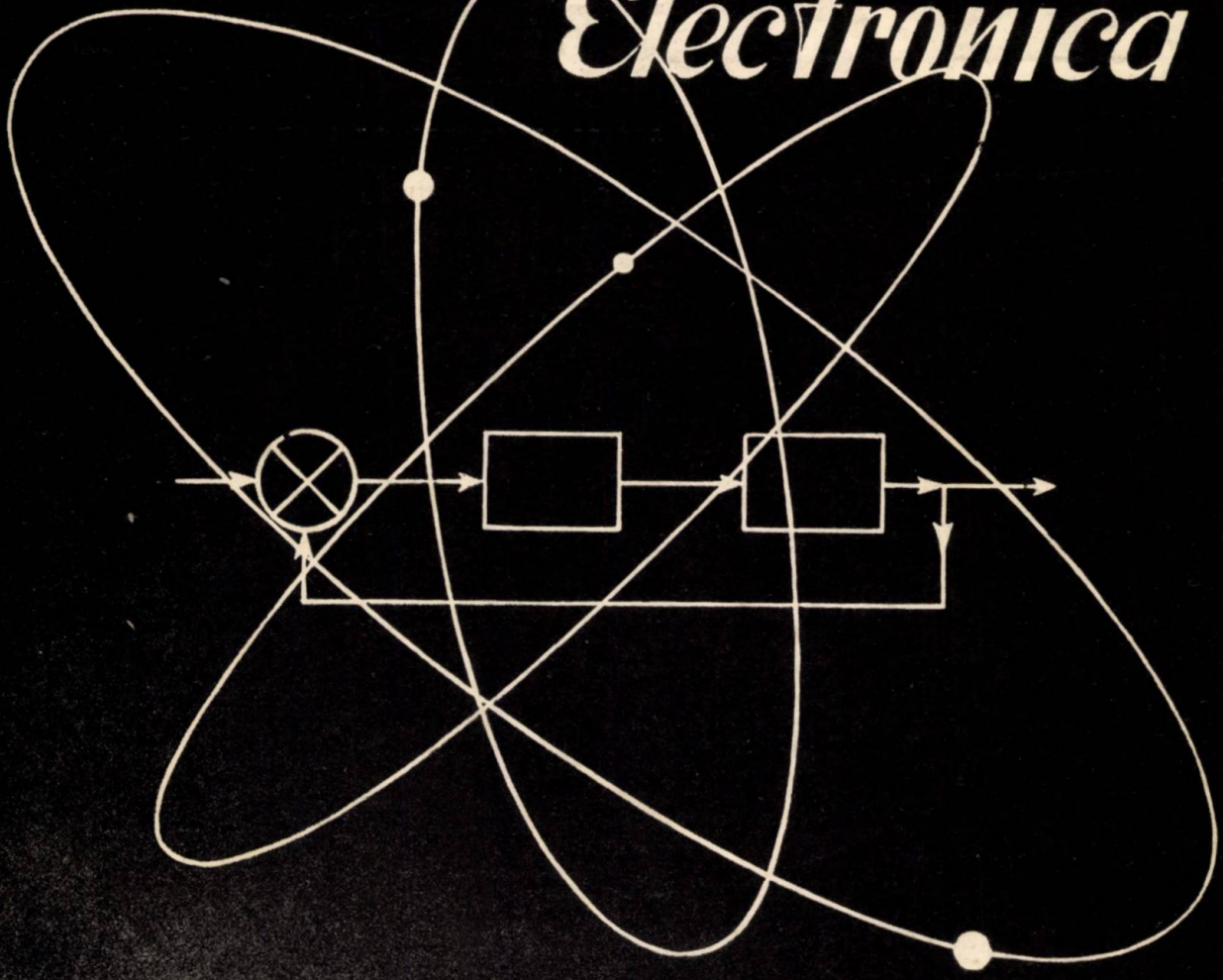
•

Volumul V tratează sfîrșitul literei C și conține circa 4000 termeni directori, 800 termeni explicați în text, 900 figuri.

•

Din conținutul foarte bogat al volumului sînt de relevat între altele termenii despre compresoare, condensatoare, cuadripoli, cupluri, cuptoare, curent electric, curbe și curburi, cupru, coordonate etc., etc.

Automatica și Electronica



E 2501

R

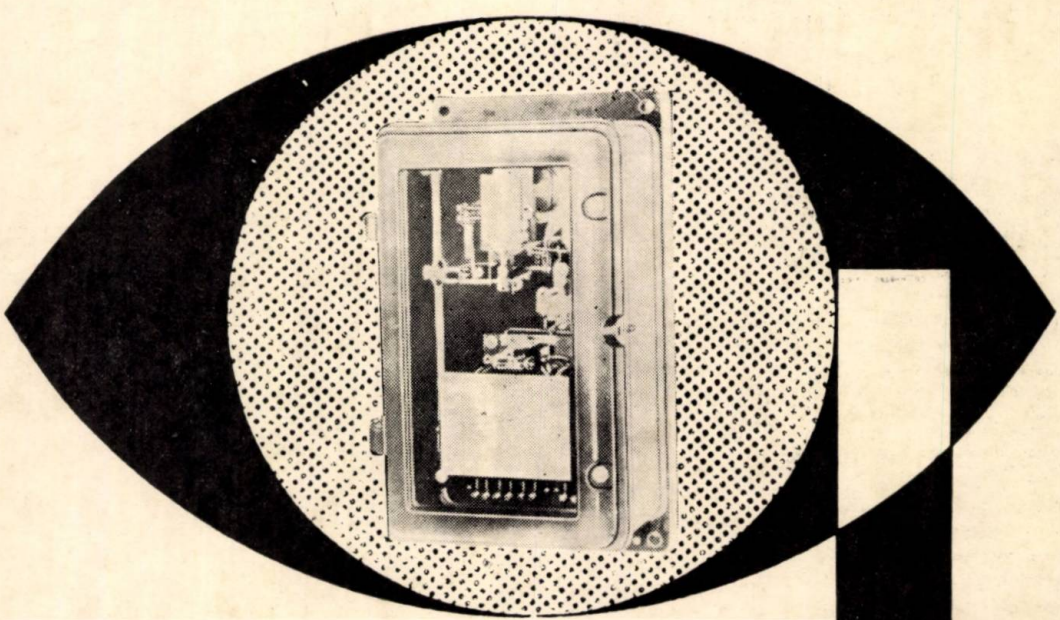
6

1959

„Elektrim"

SOCIETATE POLONEZĂ DE COMERȚ EXTERIOR
CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU
ECHIPAMENTUL ELECTROTEHNIC

Warszawa, Czackiego 15/17, Polonia
Telegrame: ELEKTRIM WARSZAWA



exportă:

Relee de diferite tipuri pentru instalații de producere și distribuție de energie electrică, cum și pentru automatizarea industrială.

Precizia și execuția îngrijită a releelor garantează funcționarea lor neîntreruptă în fiecare montaj electric.

Pentru toate lămuririle vă rugăm să vă adresați la:

AMBASADA POLONĂ — BIROUL CONSILIER COMERCIAL
BUCUREȘTI, B-DUL I. V. STALIN 24, REPUBLICA POPULARĂ ROMÎNĂ

Automatica și Electronica

Vol. III (1959) nr. 6 (noemb.—decemb.), p. 233—284.

SUMAR

CZ 621.37/.38 : 629.19 (S)

NICOLAU, EDM. :

Aparatura electronică utilizată în sateliții artificiali și navele cosmice sovietice.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 6, p. 233—235

CZ 621—52 : 66.041

PAPADACHE, I. și SAPȘA, M. :

Automatizarea cuptoarelor industriale (I)

Automatica și electronica, III (1959) nr. 6, p. 236—240

În prima parte a articolului se prezintă problemele generale puse la automatizarea cuptoarelor industriale. Se analizează în general reglările principalilor parametri : temperatură, presiunea spațială, compoziția gazelor arse, cum și de inversare a flăcărilor la cuptoarele cu regeneratoare. Se arată eficacitatea economică a unei automatizări complexe la cuptoarele industriale.

CZ 621—52 : 621.335.2—833.6

COSTAKE, N. N. :

Unele probleme ale automatizării tracțiunii Diesel electrice.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 6, p. 241—249

Se trec în revistă problemele principale ale automatizării tracțiunii Diesel electrice. Se descriu mai întîi schema bloc și condițiile generale, apoi se trec în revistă elementele sistemului și se face o clasificare a sistemelor de reglare a puterii. Lucrarea este exemplificată cu o serie de realizări de locomotive în serviciu pe diferite căi ferate.

CZ 621.373.4 : 621. 365

VAZACA, CHR. :

Calculul generatorilor electronici industriali alimentați în curent alternativ, fără redresor.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 6, p. 250—255

Se prezintă o metodă de calcul grafico-analitic pentru un oscilator electronic alimentat în curent alternativ, fără redresor. Metoda se bazează pe dubla funcționare a tubului electronic ca redresor cu sarcină variabilă și ca oscilator cu tensiune de alimentare anodică variabilă. Se dă un exemplu de aplicație.

CZ 621.373.43 : 621.387.4

MARTALOGU, N., ȚINTĂ, F., MOLEA, M. și SCÎNTEIE, N. :

Un generator de impulsuri cu reacție întîrziată și cîteva aplicații în fizica nucleară.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 6, p. 255—261

După o succintă tratare a generatorilor de impulsuri cu reacție întîrziată se expune o variantă construită de autori, care prezintă o serie de avantaje. Se descriu, în continuare, o serie de dispozitive utilizate în cercetările experimentale din fizica nucleară unde își găsește aplicație generatorul propus.

CZ 621.316.722.1 : 621.3.613.1

CĂLUȘIȚĂ, M. :

Proiectarea și construirea unui stabilizator ferorezonant.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 6, p. 261—265

In articol se înfățișează stabilizatorul ferorezonant tip Friedländer și se indică o metodă de proiectare a unui astfel de stabilizator construit din tole de fabricație curentă.

CZ 621.387.4—182.4 : 621.314.7

BIRNBAUM, M. :

Debitmetru de radiație portabil monotranzitor.

Automatica și electronica, III (1959) nr. 6, p. 265—267

Se discută construcția debitmetrelor de radiație portabile, după care se propune un asemenea aparat care nu are în circuitul său decît un singur tranzistor.

CZ 536.514.088.22

SZEKELY, I. :

Erori de măsurare a termometrelor manometrice și compensarea lor.

Automatica și electronica, III (1959), nr. 6, p. 258—270

Se prezintă principalele cauze de erori de măsurare ale termometrelor manometrice, umplute atît cu fluid, cît și cu vapori. Se face apoi o apreciere a valorilor posibile ale erorilor termometrelor cu gaz și se prezintă principalele mijloace ale evitării sau micșorării acestora.

PENTRU TINARUL INGINER, p. 271—276

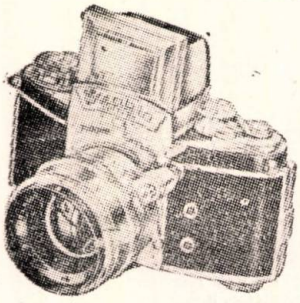
CRONICA, p. 277—280

COMENTARII, p. 280

RECENZII, p. 281

Fiecăruia

un aparat reflex cu oglindă pentru film îngust



EXAKTA *Varex*

camera cea mai bună pentru cele mai înalte exigențe

EXA

aparatul reflex cu oglindă simplificat pentru fotografii reușite de amatori

Remitem cu plăcere prospectele noastre

IHAGEE KAMERAWERK AG I.V. DRESDEN A 18

Informații despre posibilități de procurare și prețuri prin:

TECHNOIMPORT, București, Str. Doamnei Nr. 5

Revista AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția: București, Str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 14.15.95 și 16.78.78. Administrația și casieria: București, Calea Victoriei nr. 118, Raion I. V. Stalin. Telefon: 14.06.24.

Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și cele privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei.

Revista apare o dată la două luni. Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediile filialelor și subfilialelor ASIT din întreaga țară precum și la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituțiile și întreprinderile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile tehnice ASIT 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual; individual: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: lei 5. Tiparul: Intreprinderea Poligrafică nr. 2, București.

Automatica și Electronica

REVISTĂ TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ DE AUTOMATICĂ, ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ȘI TEHNICĂ NUCLEARĂ

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Vol. III (p. 233—284) Nr. 6, noiembrie—decembrie București, 1959

EDMOND NICOLAU*)

Aparatura electronică utilizată în sateliții artificiali și navele cosmice sovietice

CZ 621.37.38 :629/.19(8)

Data de 4 octombrie 1957 reprezintă deschiderea unei noi ere, era zborurilor cosmice. În proiectarea, lansarea, punerea pe orbită și urmărirea sateliților artificiali și a rachetelor cosmice, electronica a jucat un rol deosebit de important. Scopul prezentului articol este de a prezenta principalele aparate electronice utilizate la bordul sateliților artificiali și al navelor cosmice.

Această aparatură științifică electronică este deosebit de variată, urmărind măsurarea mai multor mărimi fizice pe traiectoria parcursă. Astfel, de exemplu, în fig. 1 se arată dispunerea echipamentului științific al lui Sputnic III. Se observă astfel că acest satelit artificial este prevăzut cu: magnetometre, fotomultiplicatoare pentru înregistrarea radiațiilor circulare ale soarelui, capcane de ioni etc.

Una din problemele științifice care a fost rezolvată prin lansarea sateliților sovietici este aceea a densității aerului în păturile superioare ale atmosferei. În acest scop s-au utilizat manometre, dintre care se menționează în primul rînd cele de ionizare. Principala dificultate care se întîmpină în utilizarea lor constă în imposibilitatea de a avea o calibrare absolută a acestora, dat fiind faptul că condițiile de laborator nu sînt echivalente cu cele întîlnite la înălțimi mai mari de 200 km. Gazele care există în atmosferă la această înălțime sînt în stare atomică. În afară de aceasta, nu se cunoștea a priori nici compoziția chimică a atmosferei înalte. Intrînd în manometru, gazele atomice puteau să dea loc la combinații chimice. O altă dificultate care trebuie menționată constă în aceea că manometrele puteau să fie influențate de excreția de gaz care ieșea din învelișul sputnicului. Deoarece însă sateliții sovietici au rămas mult timp în atmosferă, această excreție s-a terminat, astfel încît după o perioadă de timp, indicația manometrelor nu a mai fost influențată de acest factor.

După datele culese de cel de-al treilea satelit artificial sovietic, la înălțimea de 260 km densitatea aerului este egală cu 10^{-13} g cm^{-3}, iar la înălțimea de 355 km, ea este de 9.10^{-15} g cm^{-3}.

Pentru a determina compoziția chimică a mediului străbătut, Sputnic III a fost echipat cu un spectrometru de masă Benet, care permite determinarea naturii ionilor atmosferici cu un număr de masă cuprins între 6 și 50 unități — adică între carbon și staniu.

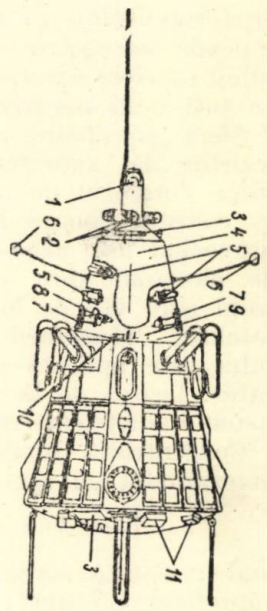


Fig. 1. Aparatajul științific de la bordul celui de-al treilea Sputnic:

1 — magnetometru; *2* — fotomultiplicatoare pentru înregistrarea radiațiilor corpusculare ale Soarelui; *3* — baterii solare; *4* — instrument pentru înregistrarea fotonilor în radiația cosmică; *5* — manometre magnetice și de ionizare pentru măsurarea presiunii în atmosfera înaltă; *6* — capcane de ioni; *7* — fluxmetre electronice pentru măsurarea sarcinii electrice și a intensității cîmpului electrostatic; *8* — spectrometru de masă pentru determinarea compoziției ionilor la înălțimi mari; *9* — instrument pentru înregistrarea nucleilor grei din radiația cosmică; *10* — instrument pentru măsurarea intensității radiației cosmice primare; *11* — dispozitive pentru înregistrarea micrometeoriților.

Rezultatele obținute de spectrometru au arătat că la înălțimi de circa 250 km, principalul constituent al atmosferei este ionul de oxid de azot.

Pentru a se determina distribuția ionilor cu înălțimea, cel de-al treilea Sputnic a fost echipat cu o aparatură care permitea să se

*) Ing. EDM. NICOLAU este profesor la catedra de tuburi electronice și tehnică nucleară a Institutului Politehnic București.

măsoare direct concentrarea particulelor încărcate din ionosferă. Aceste rezultate sînt deosebit de importante deoarece, mai înainte, compoziţia chimică şi în special concentraţia ionilor era cunoscută numai din anumite măsurători indirecte.

Instrumentul utilizat pentru măsurarea concentraţiei de ioni pozitivi consta din două

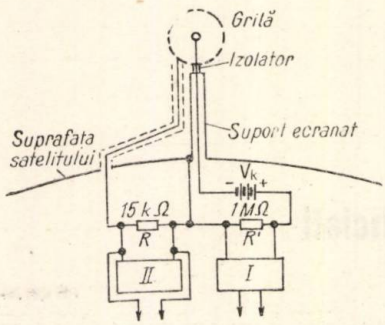


Fig. 2. Schema bloc a capcanei de ioni:
1 — amplificator; *2* — generator de impulsuri.

capcane de ioni. Acestea sînt formate din două sfere perforate, dispuse la capătul unor braţe montate diametral opus pe corpul sputnicului (fig. 2.).

Capcana în sine este formată dintr-o sferă perforată, avînd în interior o altă sferă colectoare concentrică care este situată la un potenţial de aproximativ −150 V faţă de suprafaţa satelitului, în timp ce sfera exterioară perforată este dispusă la potenţialul suprafeţei satelitului. În modul acesta, cîmpul din capcană colectează toţi ionii pozitivi care sînt culeşi de sfera exterioară şi din contră, respinge pe toţi ionii negativi.

Sfera colectoare este conectată printr-un rezistor la suprafaţa conductoare a satelitului. Curentul de ioni pozitivi care vine de la colector merge la suprafaţa sputnicului, provocînd prin aceasta o creştere a curentului de electroni spre suprafaţa acestuia — electroni care vin de la plasma prin care trece satelitul. Tensiunea de la bornele rezistorului este aplicată la intrarea unui amplificator. Ieşirea de la amplificator se aplică unui sistem radiotelemetric.

Concentraţia ionilor pozitivi poate să fie determinată cu ajutorul formulei:

$$I = N \cdot e \cdot \pi r^2 \cdot V \cdot \alpha \cdot f(\Phi_t)$$

unde: e este sarcina electronului; r — raza suprafeţei capcanei; α — coeficient de transparenţă; V — viteza satelitului; Φ_t — potenţialul capcanei faţă de mediul înconjurător.

Trebuie remarcat însă că, din diferite cauze, cum ar fi: vitezele diferite ale electronilor şi ionilor, emisia fotoelectrică de pe suprafaţa sputnicului etc., satelitul poate să capete o sarcină electrică. Ca urmare, potenţialul sferei exterioare a capcanei poate să nu mai fie egal cu mediul străbătut. Pentru a elimina acest efect, între sfera exterioară şi suprafaţa satelitului se aplică impulsuri în dinţi de fierăstrău.

În momentul în care se aplică aceste impulsuri se măsoară simultan curentul la colectorul capcanei şi tensiunea dintre capcană şi suprafaţa satelitului, ceea ce permite să se deducă caracteristica volt-amper a capcanei. În fig. 3 se arată aspectul teoretic al acestor caracteristici. Punctul în care curentul colectorului încetează de a mai scade atunci cînd potenţialul sferei exterioare a capcanei creşte, corespunde potenţialului de retardare a ionilor, potenţial care poate fi determinat cu formula:

$$e\,\Phi_r = \frac{mV^2}{2}$$

unde: Φ_r este potenţialul de retardare, iar m — masa ionilor captaţi.

Tensiunea în impulsuri produsă de generator şi potenţialul de retardare a ionilor fiind cunoscute, se poate determina punctul de pe curbă, corespunzînd sferei în care potenţialul

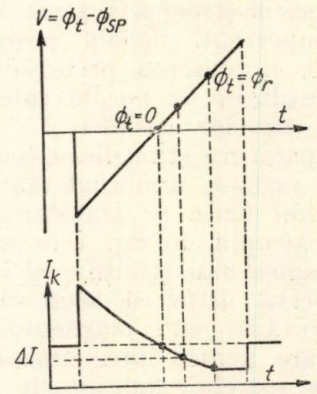


Fig. 3. Caracteristicile capcanei.

grilei capcanei este egal cu potenţialul mediului străbătut. În acel moment, densitatea de ioni arată adevărata densitate din ionosferă. În fig. 4 se arată caracteristicile tensiune-curent,

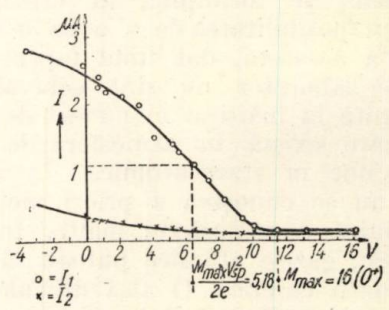


Fig. 4. Caracteristica tensiune-curent reală a capcanei de ioni.

obţinute cu ajutorul celui de-al treilea Sputnic. Aceasta corespunde unei înălţimi de 795 km, la 15 mai 1958 orele 5—6 p.m., la o latitudine medie. După ce s-a determinat punctul de

retardare, s-a considerat energia cinetică a ionilor de 5,1 eV — corespunzînd oxigenului. A rezultat potenţialul suprafeţei sputnicului în raport cu plasma, potenţial de 6,4 V.

O altă serie de experienţe întreprinse cu ajutorul sateliţilor sovietici priveau radiaţia corpusculară. Pentru a măsura această radiaţie, s-au utilizat ecrane de sulfură de zinc activată cu argint, acoperite cu foi de aluminiu de diferite grosimi. Diafragmele de aluminiu permiteau capturarea corpusculilor într-un unghi solid de 1/4 steradiani. Emisia ecranelor fluorescente era apoi înregistrată cu ajutorul unor fotomultiplicatoare. Semnalele electrice obţinute la ieşire erau mai întîi memorate, fiind apoi transmise la pămînt.

Sistemul de amplificare avea o caracteristică neliniară, astfel încît permitea înregistrarea unor electroni cu o energie de 10^4 eV şi a unor curenţi de 10^{-11}—10^{-8} A cm^{-2}, care cădeau perpendicular pe ecranul fluorescent.

Sistemul era astfel conceput încît permitea să se obţină în acelaşi timp indicaţii privind orientarea sistemului de măsurat faţă de soare.

Pentru aceasta, o foaie subţire era dispusă pe ecran. Foaia avea micropori, astfel încît atunci cînd era orientată direct spre soare, producea o anumită indicaţie a aparatului. Atunci cînd satelitul se rotea, curentul produs de radiaţia electromagnetică solară trecea printr-un maxim. Cunoaşterea orientării este necesară pentru a estima efectul corpusculelor asupra ecranului.

Pentru detectarea micrometeoriţilor s-a utilizat un indicator piezoelectric balistic, făcut din fosfat de amoniu. Traductorul piezoelectric măsura impulsul de la 10^{-1} la 10^3 g cm s^{-1}. În modul acesta indicatorul permitea punerea în evidenţă a unor particule avînd masa de cel puţin 10^{-9} g.

Rezultatele obţinute au arătat că la altitudini cuprinse între 150 şi 300 km, densitatea micrometeoriţilor este de 50/m^2/s.

De asemenea, s-a pus în evidenţă existenţa micrometeoriţilor şi s-a măsurat densitatea lor la înălţimi de ordinul a 1 000 km.

O serie de rezultate deosebit de preţioase au fost obţinute de sateliţii sovietici şi în special de rachetele cosmice sovietice, cu privire la cîmpul magnetic al Pămîntului şi al Lunii. În acest scop, toate rachetele au fost prevăzute cu magnetometre sensibile. S-a pus astfel în evidenţă o variaţie a cîmpului magnetic terestru cu aceea arătată în fig. 5. Se observă aici o creştere a intensităţiii cîmpului în jurul distanţei de 22 000 km — provocată de existenţa unei regiuni în care există o puternică densitate de corpuscule încărcate.

Sputnicii au deschis de asemenea era biologiei cosmice. După cum se ştie, cîinele Laica

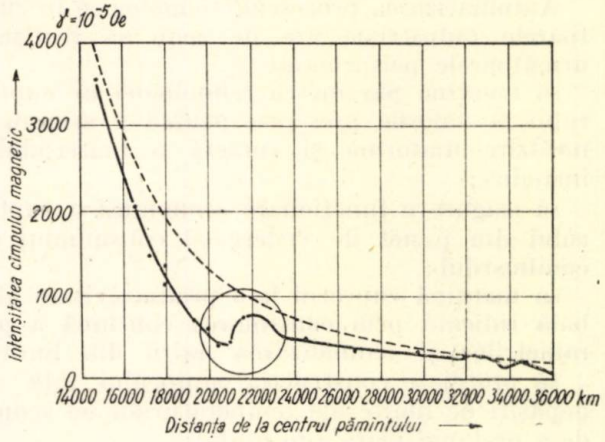


Fig. 5. Variaţia cu distanţa a cîmpului magnetic terestru. Cu linie punctată s-a reprezentat variaţia teoretică. În cerc s-a pus în evidenţă creşterea anormală de la distanţa de 22 000 km.

a fost primul pasager al unui satelit artificial al Pămîntului. În permanenţă starea sa fiziologică a fost urmărită de o serie de aparate electronice care au transmis la sol rezultatele înregistrate. În fig. 6 se dă variaţia în timp a numărului de bătăi ale inimii pe minut. Se observă că în momentul lansării satelitului s-a produs o accelerare pronunţată a pulsului — ceea ce este şi normal, avînd în vedere acceleraţia şi zgomotul care însoţesc lansarea. Dar, după punerea pe orbită, pulsul a revenit la valoarea nominală.

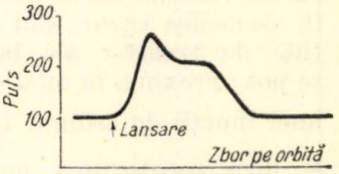


Fig. 6. Numărul de bătăi pe minut al inimii cîinelui Laica, în diferite momente ale zborului.

Menţionăm de asemenea că s-au obţinut şi electrocardiograme ale cîinelui Laica, corespunzînd stării de neponderabilitate.

Materialul ştiinţific obţinut de către aparatura montată la bordul sateliţilor şi navelor cosmice sovietice este deosebit de bogat şi preţios pentru ştiinţă, deschizînd omului noi perspective de cunoaştere.

ILIE PAPADACHE şi MANDI SAPŞA*)

Automatizarea cuptoarelor industriale (I)

CZ 621–52 : 66.041

Automatizarea proceselor tehnologice în cuptoarele industriale are de scop să realizeze următoarele performanţe :

să menţină parametrii tehnologici ai cuptorului la valorile prescrise pentru a asigura o încălzire uniformă şi corectă a materialului introdus ;

să asigure o funcţionare economică a cuptorului din punct de vedere al consumului de combustibil ;

să menţină cuptorul la o productivitate globală ridicată prin controlarea continuă a parametrilor şi semnalizarea ieşirii din limite ;

să protejeze construcţia cuptorului faţă de depăşiri de limite ale temperaturilor cu scopul de a prelungi viaţa cuptorului.

În articolul de faţă şi în cele ce vor urma se vor examina caracteristicile generale ale automatizărilor moderne de acest fel cu referire în primul rînd la cuptoarele alimentate cu gaze. Expunerea va cuprinde caracteristici generale ale automatizărilor şi controlului în cuptoarele industriale ; exemple de cuptoare industriale automatizate ; introducerea maşinilor de calcul în supravegherea cuptoarelor industriale.

1. Caracteristicile generale ale automatizărilor şi controlului în cuptoarele industriale alimentate cu gaze.

Din punct de vedere al studiilor teoretice caracteristicile sistemelor de reglare care apar în asemenea cazuri sînt bine cunoscute. Funcţiile de transfer ale instalaţiei automatizate se pot aproxima în mod satisfăcător cu ajutorul unei funcţii de ordinul 1 adică de forma $\frac{K}{1+Ts}$ şi deci constituirea unui sistem de reglare satisfăcător nu prezintă dificultate pentru cazurile uzuale. Regulatoarele de fabricaţie curentă avînd caracteristici PID permit în aceste cazuri cu uşurinţă obţinerea unei reglări stabile. Chiar dacă în unele sisteme de reglare apare un timp mort T_m, regulatorul de tip PID de fabricaţie industrială a permis obţinerea unei reglări satisfăcătoare.

În automatizarea unui asemenea cuptor se reglează următorii parametri : temperatura în cuptor, presiunea în interiorul cuptorului, combustia aer-gaz.

Temperatura în cuptor. Această reglare este necesară din motive tehnologice ; pentru a evita un consum inutil de gaze prin depăşirea temperaturii necesare şi pentru prelungirea duratei de funcţionare a cuptorului se măsoară temperatura în unul, două sau mai multe puncte ale cuptorului şi se alege pentru a se acţiona asupra sistemului de reglare temperatura maximă fig. 1. Sistemele de reglare ale temperaturii trebuie să acţioneze

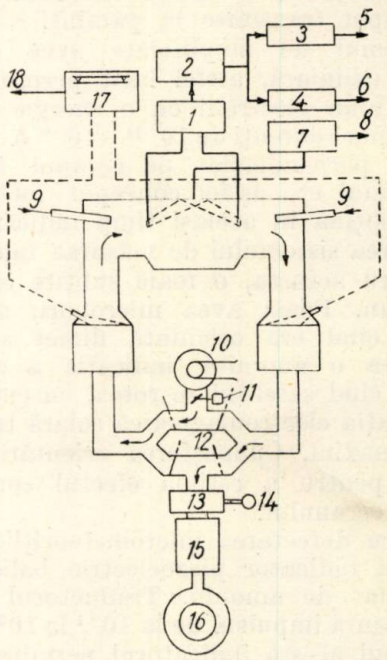


Fig. 1. Schema automatizării unui cuptor (Siemens—Martin)

1 — selector de maxim ; *2* — regulator de temperatură ; *3* — debit aer ; *4* — debit combustibil ; *5* — la clapete pentru reglarea aerului ; *6* — la vana pentru reglarea combustibilului ; *7* — regulatorul presiunii spaţiale ; *8* — la ventilatorul pentru tiraj ; *9* — combustibil ; *10* — ventilatorul aerului de combustie ; *11* — organul de execuţie pentru reglarea debitului de aer ; *12* — clapetele pentru inversarea flăcărilor ; *13* — ventilator pentru tiraj ; *14* — organul de execuţie pentru reglarea tirajului ; *15* — recuperator suplimentar ; *16* — coş ; *17* — supraveghetorul încălzirii regeneratoarelor ; *18* — la schema de inversor al flăcărilor.

rapid la perturbaţii pentru ca să compenseze perturbaţiile în presiunea de alimentare a combustibilului sau al debitului de aer. Experienţa a arătat că menţinerea constantă a presiunii combustibilului şi a aerului de alimentare au efectul economic cel mai important în sistemul de reglare automat al cuptorului.

În unele cazuri, ca în fig. 2, maximul de temperatură se poate deplasa şi sistemul automat urmează să-şi aleagă pentru reglare punctul de temperatură maxim.

Elementele de măsură în asemenea cuptoare sînt termocuple pînă la temperatura de ordinul a 1 300°C.

*) Ing. I. PAPADACHE este şeful secţiei automatizări şi ing. M. SAPŞA cercetător principal la Institutul de cercetări electrotehnice.

În ultimul timp s-au pus la punct termocuple care pot fi folosite pentru măsurare continuă pentru temperaturi pînă la aproximativ 1 500°C. Pentru temperaturi mai mari se întrebuinţează pirometre de radiaţie de precizie mare.

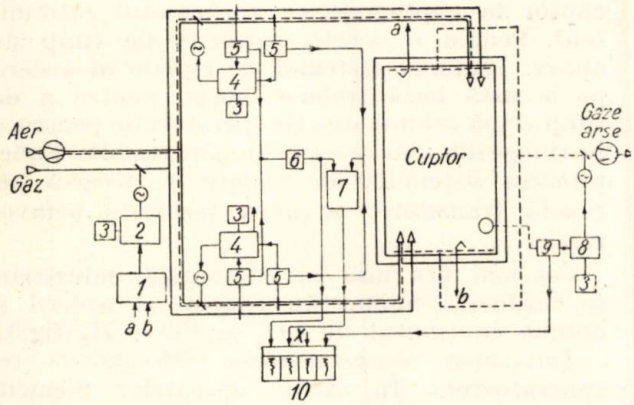


Fig. 2. Circuitele principale de reglare şi măsură ale unui cuptor industrial

1 — selector de maxim; *2* — regulator de temperatură; *3* — valoarea impusă; *4* — regulator pentru raportul gaz-aer; *5* — aparat de măsurat pentru debit; *6* — contor pentru gaze; *7*— comparator gaz-aer pentru măsură; *8*— regulator pentru presiune spaţială; *9* — aparat de măsură pentru presiune spaţială; *10*—înregistratori pentru parametrii principalii; *x*—temperatura maximă (*a* sau *b*).

În unele instalaţii reglarea temperaturii formează un sistem mai complex, sistemul avînd o legătură suplimentară obţinută prin măsurarea temperaturii recuperatoarelor. Această reglare are de scop să evite o solicitare excesivă a recuperatoarelor cînd regimul termic al interiorului cuptorului se apropie de temperatura maximă şi deci gazele ajung în recuperator la temperaturi ridicate (fig. 1 şi fig.3). În această situaţie reglarea cantităţii de combustibil admis se face pe baza temperaturii gazelor ajunse în recuperator. Precizia cu care se poate regla temperatura în interiorul cuptorului depinde de precizia aparaturii întrebuinţate.

Măsurările cu pirometrele de radiaţie sînt de o precizie mai scăzută decît acelea făcute cu termocuple.

Reglarea presiunii în interiorul cuptorului. De obicei se măsoară în punctul cel mai înalt al cuptorului. În acest punct trebuie menţinută o uşoară suprapresiune de ordinul a 1...2 mm col. apă cu variaţii mici de ordinul $\pm$0,1 mm col. apă, ajungînd la unele cuptoare la $\pm$ 0,02 mm col. apă.

Această mică suprapresiune are un important efect asupra randamentului termic al cuptorului, împiedicînd intrarea de aer rece în cuptor, ceea ce este de temut pe măsură ce creşte timpul total de funcţionare al cuptorului. La cuptoarele Siemens Martin această suprapresiune împiedică şi o formare exagerată de arsuri pe lingouri. Sistemul de reglare al acestei suprapresiuni constituie una din părţile sensibile ale automatizării cuptoarelor.

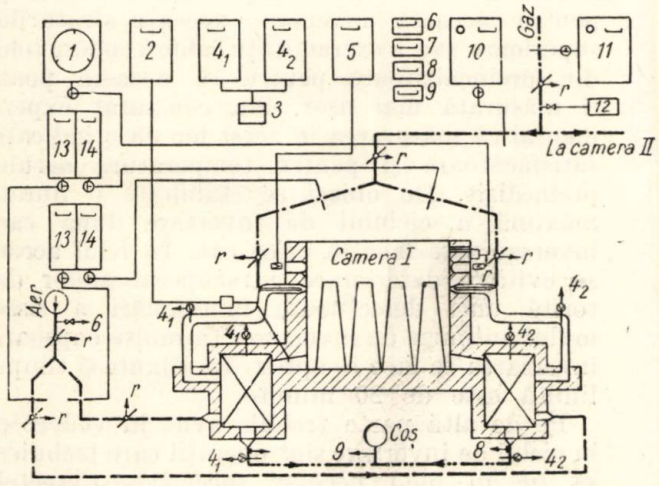


Fig. 3. Instalaţie de măsură la un cuptor pentru încălzirea lingourilor

1 — presiunea spaţială—indicator—5...+5 mm col. apă; *2* — analiză gaze — înregistrator 0 — 20% CO_2 şi 0 — 4% $CO+H_2$; *3* — termostat pentru termocuple 50°C; 4_1, 4_2 — temperatură— înregistrator multiplu 1×1 600°C +2×900°C; *5* — înregistrator de temperatură 0/700....1 400°C; *6* —presiune aer—indicator; *7, 8, 9* tiraj—indicatoare; *10*—debit gaz—înregistrator; *11*—consum de gaz-înregistrator; *12*—presiune gaz-indicator; *13, 14*—înregistrare comparativă pentru debite gaz-aer: *r*—la schema de reglare—fig. 4.

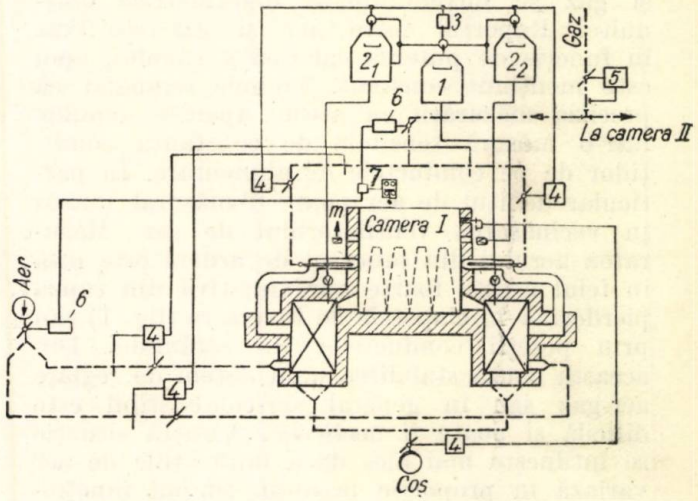


Fig. 4. Instalaţia de reglare la un cuptor pentru încălzirea lingourilor

1— regulator de temperatură după temperatura din cuptor cu domeniu 0/700...1 400°C; 2_1, 2_2 — regulator de temperatură după temperatura din recuperator cu domeniu 20...1 600°C; *3* — comutator automat pentru circuitele de reglare a temperaturii; *4*—organ de execuţie; *5*—regulator pentru presiune gaz; *6, 7*—schemă de comandă şi protecţie; *m*—la schema de măsură — fig. 3.

Elementul de măsură este de obicei un manometru inelar sau un manometru cu balanţă de construcţie specială.

Dacă pe circuitul gazelor arse este intercalat şi un recuperator continuu (fig. 1) atunci este necesar şi un ventilator care să compenseze pierderea de presiune în acest recuperator. Acest ventilator are în unele cazuri o reglare de turaţie care este în legătură cu mărimea de ieşire a sistemului de reglare a presiunii din cuptor. Uneori reglarea se face prin modificarea unghiului clapetelor ventilatorului comandată de regulatorul de presiune

din cuptor, ceea ce conduce la o funcţionare economică din punctul de vedere al consumului de energie al ventilatorului. În cuptorul din figura 2 reglarea suprapresiunii în interiorul cuptorului are ca element de execuţie o clapetă pe conducta de gaze arse de la recuperatoare; în cuptorul din fig. 4 această reglare se face prin acţionarea unei clapete instalată înaintea coşului.

Reglarea raportului gaz-aer. Această reglare asigură o combustie totală şi are efectele cunoscute asupra randamentului termotehnic al cuptorului. În cazul arderilor, pentru a se obţine temperaturi înalte, un surplus de aer produce o scădere a randamentului cuptorului, din cauza consumului inutil de căldură care se scurge pe coş, iar o cantitate insuficientă de aer nu permite o ardere completă şi deci o utilizare completă a combustibilului. Pentru măsurările debitelor de aer şi gaz se întrebuinţează debitmetrele obişnuite. Raportul între aer şi gaz este fixat în funcţie de puterea calorică a gazului, apoi este menţinut constant. Trebuie semnalat că precizia măsurării cu aceste aparate depinde într-o măsură sensibilă de constanţa condiţiilor de pe conductele de alimentare. În particular debitul de aer poate fi măsurat numai în vecinătatea ventilatorului de aer. Măsurarea aerului din procesul de ardere este însă în felul acesta foarte aproximativă din cauza pierderilor în clapetele de inversare (fig. 1) sau prin pereţii conductelor de cărămidă. Din această cauză stabilirea unui sistem de reglare aer-gaz sau în general aer-combustibil este dificilă şi poate fi neeficace. Această situaţie se întîlneşte mai ales dacă infiltraţiile de aer variază în proporţie mare în timpul funcţionării cuptorului între două reparaţii şi nu sînt prevăzute măsuri de întreţinere foarte stricte în timpul funcţionării lui. Din această cauză unele cuptoare funcţionează cu debit constant de aer fără a se ţine seama deci de faptul că cantitatea de gaz poate varia în timpul procesului de încălzire mai ales spre finele lui. Dacă se acceptă o asemenea situaţie, atunci reglarea cantităţii de aer se face periodic pe baza analizei gazului la ieşire pentru un debit normal de combustibil şi deci se admite un exces de aer pentru cazul cînd sistemul de reglare al gazului impune un debit mai mic decît cel normal. Acest procedeu neeconomic era legat şi de faptul că analizatoarele de gaze de ardere nu erau aparate care să dea o satisfacţie deplină în exploatare.

Cu apariţia analizatoarelor de oxigen paramagnetice reglarea corectă şi continuă a raportului aer-combustibil se introduce mai des reglarea optimală a arderii. Aceste aparate permit reglări care să ţină seama de umiditatea aerului, presiunea barometrică etc. Dificultatea principală provine de la impurităţile aflate în gazele arse şi care impun anumite complicaţii în sistemul de preluare a mostrei de gaze de analizat.

Sistemele de reglare a combustiei pe această bază sînt complicate şi prin faptul că ele trebuiesc comutate pe conducta de evacuare din cuptor la cuptoarele cu recuperator intermitent. Pentru o scurtă perioadă de timp de aprox. 1 minut, sistemul de reglare al arderii pe această bază trebuie blocat pentru a da timp după schimbarea recuperatorului pentru a se ajunge din nou la o funcţionare stabilă. Funcţionarea sistemului de reglare în această perioadă tranzitorie ar avea rezultate nefavorabile.

Cel mai des însă în cuptoarele industriale se întîlneşte numai un control al arderii şi anume conţinutul de CO_2 şi $CO + H_2$ (fig.3).

Inversarea recuperatoarelor intermitente (regeneratoare). În cazul cuptoarelor Siemens Martin se întrebuinţează recuperarea căldurii din gazele arse pentru a se ajunge la o temperatură a flăcării aproape de 2 000°C necesară pentru a se topi oţelul. Bine înţeles că în toate cazurile această recuperare măreşte randamentul termic al instalaţiei. În acest scop gazele arse din cuptor sînt trecute prin canalele regeneratorului care absoarbe o parte din căldura înmagazinată în ele. După o perioadă se trece prin aceste canale aerul rece destinat combustiei, a cărui temperatură este ridicată în felul acesta la aprox. 1 000°C. Astfel se obţine o flacără cu temperatura ridicată necesară în cuptoare.

Inversarea regeneratorului se face de obicei în funcţie de diferenţa de temperatură între regeneratorul care se încălzeşte prin gazele arse şi acel care se răceşte prin aerul de combustie. De obicei se ia temperatură de referinţă pentru această inversare, aceea a straturilor superioare sau a extremităţii calde a conductelor din preîncălzitoare pentru că aceasta poate fi măsurată mai uşor. S-a constatat experimental că măsurarea în acest loc dă o indicaţie satisfăcătoare şi pentru temperatura aerului preîncălzit. De obicei se stabileşte o durată maximă a ciclului de inversare după care inversarea se face în orice caz. În felul acesta se evită o deteriorare a recuperatoarelor datorită unei defectuoase funcţionări a sistemului automat de inversare. În multe cuptoare, inversarea se face la aprox. 15 minute şi timpul limită este de 20 minute.

Pe de altă parte trebuie avut în vedere că în ciclul de inversare sînt operaţii care trebuiesc să fie în mod necesar succesive. Clapetele care obturează conductele trebuiesc acţionate cu întîrzieri care să asigure în orice moment cerinţele arderii. De exemplu, după oprirea trecerii gazelor arse prin regenerator aerul de combustie trebuie mai întîi să golească regeneratorul de gazele arse staţionare şi apoi

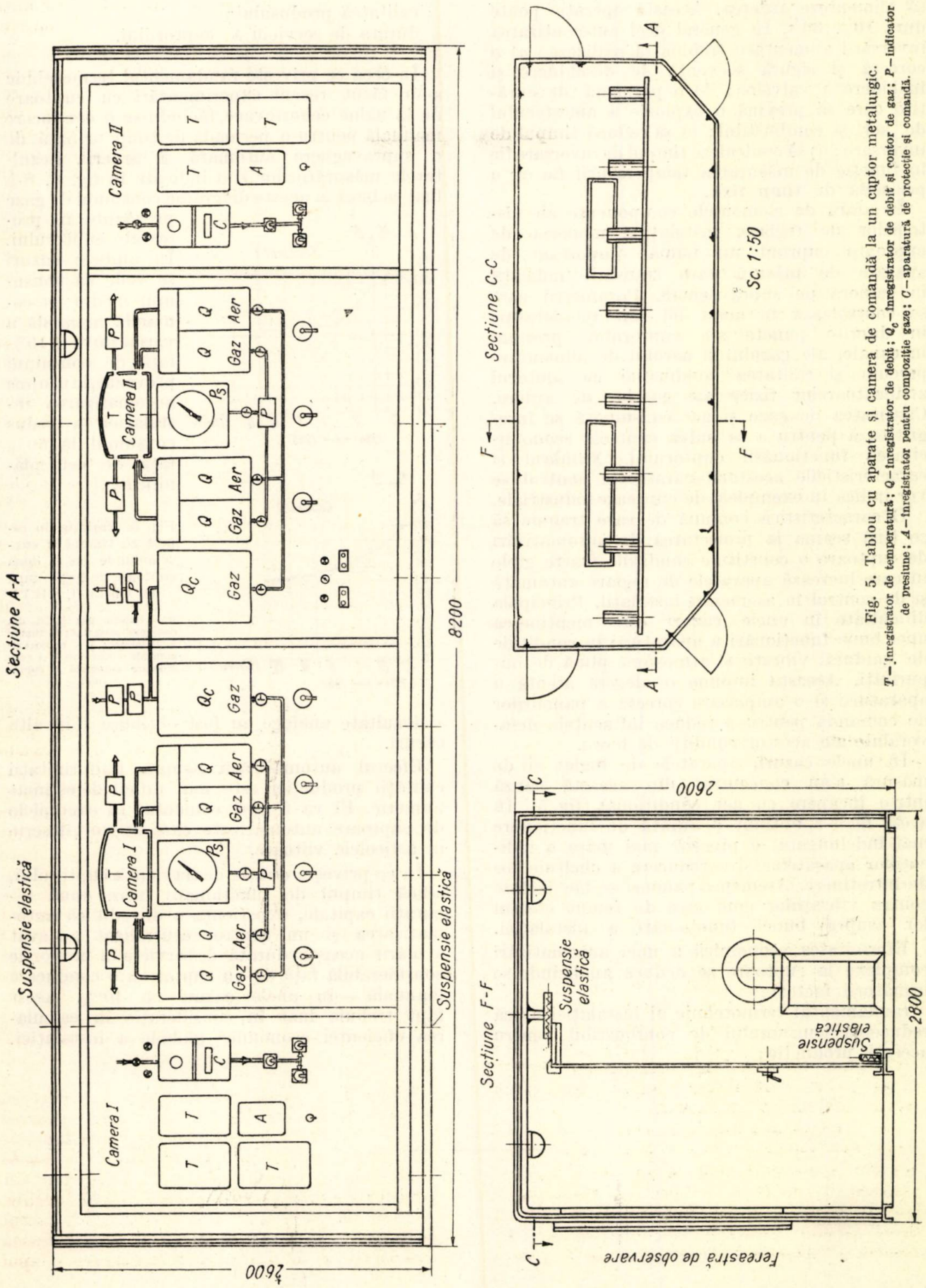


Fig. 5. Tablou cu aparate și cameră de comandă la un cuptor metalurgic.
T – înregistrator de temperatură; Q – înregistrator de debit; Q_C – înregistrator de debit și contor de gaz; P – indicator de presiune; A – înregistrator pentru compoziție gaze; C – aparatură de protecție și comandă.

să alimenteze arderea. Această operaţie poate dura 10...30 s. În general deci automatizarea inversării alimentării trebuie să realizeze : *a*) o corectă şi sigură secvenţă de deschidere şi închidere a valvelor ; *b*) o perioadă de curăţire care să prevină o explozie a amestecului de aer şi combustibil ; *c*) să reducă timpul de inversare ; *d*) să controleze timpul de inversare fie în funcţie de măsurarea temperaturii fie cu o perioadă de timp fixă.

În afară de elementele componente ale sistemelor de reglare, instalaţiile moderne de cuptoare cuprind un număr important de aparate de măsură care transmit indicaţii în camera de supraveghere. Parametrii care se controlează în acest fel sînt temperaturi în diferite puncte ale cuptorului, presiuni în canale, ale gazului şi aerului de alimentare precum şi calitatea combustiei cu ajutorul analizatoarelor fizice ale gazelor de ardere. Cantitatea de gaze şi aer consumată se înregistrează pentru a se putea controla economicitatea funcţionării cuptorului. Numărul şi caracteristicile acestor aparate de control se vor indica în exemplele de cuptoare industriale.

O caracteristică comună de care trebuie să se ţină seama la proiectarea de automatizări de cuptoare o constituie condiţiile foarte grele în care lucrează aparatele de reglare automată şi de control în asemenea instalaţii. Principala dificultate în unele cazuri este menţinerea unei bune funcţionări a aparaturii în condiţiile de căldură, vibraţii şi atmosferă plină de impurităţi. Aceasta impune o alegere atentă a aparaturii şi o amplasare corectă a panourilor de comandă pentru a reduce influenţele defavorabile ale acestor condiţii de lucru.

În unele cazuri, aparatele de reglat şi de măsură s-au concentrat din această cauză într-o încăpere cu aer condiţionat (fig. 5). În acest fel s-a obţinut o durată de funcţionare mai îndelungată, o precizie mai mare a indicaţiilor aparatelor şi o reducere a cheltuielilor de întreţinere. Asemenea panouri se fac izolate contra vibraţiilor cînd este de temut efectul lor asupra bunei funcţionări a instalaţiei.

Eficacitatea economică a unei automatizări complexe la cuptoare se deduce analizîndu-se următorii factori :

randamentul termotehnic al instalaţiei adică reducerea consumului de combustibil pentru aceeaşi producţie ;

calitatea produsului ;

durata de serviciu a cuptorului.

În ceea ce priveşte randamentul termotehnic s-au făcut recent experimentări cu cuptoare de la uzine cehoslovace, făcîndu-se o conducere manuală pentru o perioadă de timp urmată de o supraveghere automată a arderii. Rezultatele măsurătorilor sînt indicate în fig. 6. S-a luat ca bază în aceste diagrame consumul de gaze prevăzute în proiectul cuptorului. În ambele cazuri se vede că consumul mediu cu comandă manuală a variat între ±10% faţă de consumul prevăzut, în timp ce automatizarea instalaţiei a redus consumul la 60% faţă de cel planificat.

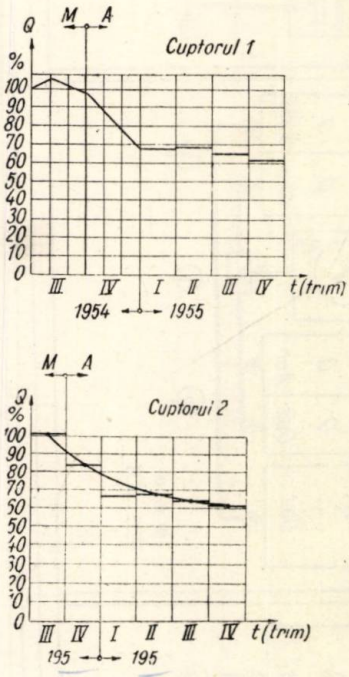


Fig. 6. Variaţia în raport cu timpul a consumului de gaz la două cuptoare de forjă (după dr. Obsta, C.S.R.)

Q – consum gaz în % din consumul proiectat ; *t* – timpul în trimestre ; *M* – exploatare manuală a cuptorului ; *A* – exploatare automată a cuptorului.

Rezultate analoge au fost obţinute şi în alte cazuri.

Efectul automatizării asupra uniformităţii calităţii producţiei este mai dificil de estimat numeric. El va fi însă comentat în exemplele de cuptoare automatizate care se vor descrie în articolele viitoare.

În ce priveşte durata de serviciu a cuptorului, adică timpul de funcţionare între două reparaţii capitale, experienţa a dovedit că automatizarea şi un control centralizat adecvat a mărit această durată de serviciu în proporţie considerabilă faţă de un cuptor cu o conducere manuală — în unele cazuri cu 40%. Acest fapt trebuie luat în consideraţie în calcularea eficienţei economice globale a instalaţiei.

NICOLAE N. COSTAKE*)

Unele probleme ale automatizării tracţiunii Diesel electrice

CZ 621–52:621.335.2–833.6

Tracţiunea Diesel electrică

În prezent se petrece o adevărată revoluţie în domeniul tracţiunii feroviare prin înlocuirea tracţiunii cu abur cu alte sisteme de tracţiune, mai avantajoase.

Unul dintre acestea este tracţiunea Diesel electrică care prezintă avantaje bine cunoscute în raport cu tracţiunea cu abur [1], [2] şi uneori şi faţă de tracţiunea electrică [3], [4].

Încă de la prima experienţă a lui RUDOLF DIESEL pe o locomotivă Sulzer (1912), a apărut necesitatea unui element de transmisie între motorul Diesel şi roţile motoare. Deşi în acest scop au fost încercate aproape toate sistemele posibile, de obicei se utilizează în practică numai trei sisteme : transmisia mecanică, transmisia hidraulică şi transmisia electrică.

Transmisia mecanică, constituită dintr-o cutie de viteze, este simplă, ieftină şi are un randament ridicat. Considerente economice, cum şi dezavantajele ei (dificultatea transmiterii puterilor mari, exploatarea iraţională a motorului Diesel la puteri fracţionare şi pornire etc.) limitează în practică utilizarea ei pînă la puteri de circa 500—600 CP.

Transmisia hidraulică cuprinde, în cazul general, pe lîngă o cutie de viteze, transformatoare de cuplu şi ambreiaje hidraulice. Ea înlătură dezavantajele transmisiei mecanice, rămînînd relativ uşoară şi ieftină şi prezentînd şi o mare siguranţă în exploatare.

Transmisia electrică constă din generatoare de curent continuu rotite de motoarele Diesel şi care alimentează electro-motoare de tracţiune c.c. tip serie, cuplate cu osiile motoare.

Comparaţiile dintre transmisiile hidraulice şi electrice arată că proprietăţile lor sînt foarte asemănătoare şi de aceea probabil discuţiile în jurul acestei probleme sînt duse cîte o dată pe tonuri foarte categorice.

Fără a intra în această discuţie (ceea ce ar depăşi cadrul prezentului articol) se vor aminti următoarele avantaje ale transmisiei electrice : 1) posibilitatea simplă de a alimenta de la acelaşi motor Diesel multe osii motoare ; 2) posibilitatea de adaptare oricît de exactă la cerinţele exploatării optime a motorului Diesel ; 3) utilizarea parţială a echipamentului în cazul electrificării liniei ferate respective. În R.P.R. sînt în plus importante următoarele considerente : 4) uzinarea transmisiei electrice este mai uşoară ; 5) există experienţă în domeniul realizării şi exploatării transmisiilor electrice. Cele expuse confirmă justeţea hotărîrilor partidului şi guvernului nostru de a se trece la construirea de locomotive Diesel electrice.

Prezentul articol are ca scop o prezentare sintetică a principalelor probleme puse de realizarea sistemelor de comandă şi automatizare a tracţiunii Diesel electrice.

Schema bloc şi regimurile de mers ale unei unităţi motoare Diesel electrice

Schema bloc a unei unităţi motoare Diesel electrice este indicată în fig. 1. Uneori generatorul auxiliar şi unii consumatori mecanici sînt antrenaţi de un motor Diesel auxiliar.

Schema de comandă şi automatizare[1]) trebuie să asigure următoarele : *a*) reglarea puterii de la valoarea minimă pînă la cea maximă, exploatînd motorul Diesel în condiţii optime ; *b*) realizarea adaptării între cale şi motorul Diesel ; *c*) protecţia elementelor transmisiei electrice ; *d*) de regulă comanda la distanţă a unităţii.

Regimurile de mers sînt următoarele :

P o r n i r e a cu o acceleraţie uzual de 0,1—0,35 m/s². Deoarece FCEM a motoarelor de tracţiune este redusă, curentul principal trebuie limitat. Datorită acestui fapt, transmisia electrică nu poate prelua toată puterea comandată motorului Diesel, decît de la o anumită viteză înainte. Efortul de pornire a locomotivelor Diesel electrice este uzual de 20—30 t.

R e g i m u l n o r m a l d e m e r s. În acest regim, transmisia electrică preia întreaga putere furnizată de motorul Diesel. Acesta este exploatat economic, la putere constantă, fiind ferit de supraîncărcare şi protejat contra subîncărcărilor. Randamentul transmisiei electrice este circa 80—85%, scăzînd la viteze mici şi puţin la viteze mari. Întreaga putere este folosită într-o gamă de viteze 1 : 3—1 :10, în funcţie de tipul locomotivei [5], [6].

M e r s u l l a v i t e z e m a r i. La viteze mari tensiunea generatorului poate întrece valoarea admisibilă şi trebuie limitată. Vitezele maxime sînt de regulă în domeniul 160 km/h (automotor) — 80 km/h (locomotivă de marfă) — 50 km/h (locomotivă de manevră).

F r î n a r e a. Unii constructori prevăd frînarea electrică (dinamică), deşi frîna pneumatică rămîne cea principală. Decelerăţiile admisibile sînt circa 0,65—1,15 m/s².

*) Ing. N. N. COSTAKE este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

[1]) În cele ce urmează, atenţia va fi limitată la circuitele principale, automatizările şi comenzile din circuitele auxiliare neavînd un caracter specific.

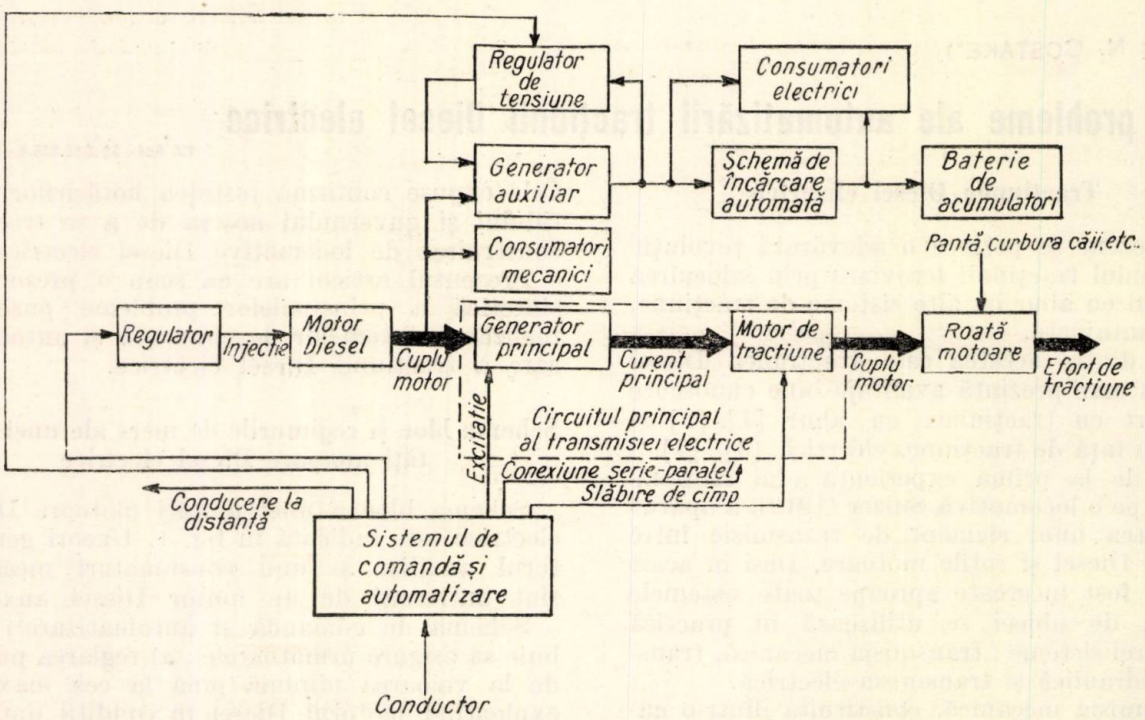


Fig. 1. Schema bloc a unei unităţi motoare Diesel electrice.

Elementele transmisiei electrice

Motorul Diesel. Motoarele Diesel de tracţiune moderne sînt rapide (1 000—1 500 rot/min), supraalimentate, turaţiile critice în domeniul de exploatare fiind practic eliminate. Puterea uniorară este de obicei 1,1—1,2 puterea de durată. Raportul dintre turaţiile maximă şi de mers în gol este în jurul lui 2.

Motorul Diesel dezvoltă un cuplu motor care este practic proporţional cu injecţia de combustibil. De obicei, pompa de injecţie este comandată de un regulator de turaţie (de multe ori cu amplificare hidraulică). Unii constructori trec problema reglării turaţiei motorului Diesel în sarcina sistemului de automatizare a transmisiei electrice.

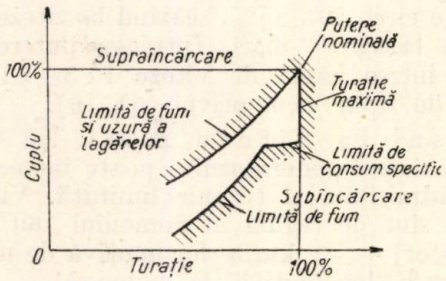


Fig. 2. Domeniul de exploatare optimă a motorului Diesel.

Motorul este exploatat într-un domeniu larg de puteri şi acesta trebuie realizat cît mai economic. Problema domeniului optim de exploatare a fost tratată complet de către VON KIENLIN [7] (fig. 2).

Generatorul principal este cuplat cu motorul Diesel de obicei direct şi este folosit ca demaror în regim de motor serie (fig. 3) (fiind prevă-

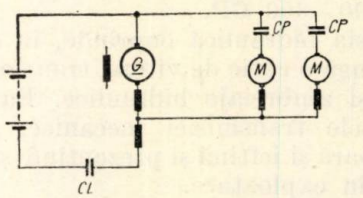


Fig. 3. Pornirea motorului Diesel prin generatorul principal:
CP—contactori principali; *CL*— contactori de pornire.

zută în acest scop o înfăşurare specială) de la bateria de acumulatori.

Motorul Diesel este protejat de obicei contra ambalării, a creşterii inadmisibile a temperaturii apei de răcire şi a scăderii inadmisibile a presiunii uleiului de ungere.

Generatorul principal. Constructorii sovietici şi americani utilizează în special generatoare cu excitaţie separată, care sînt mai uşoare şi mai mici însă necesită o automatizare mai pretenţioasă. Ceilalţi constructori europeni utilizează mai ales generatoare cu excitaţie mixtă (independentă, derivaţie, anticompound), care prezintă o zonă de supraîncărcare posibilă mai mică şi care practic exclude calarea motorului Diesel şi introduc în mod simplu o limitare a curentului principal (practic funcţie de excitaţie independentă) şi a tensiunii (funcţie mai ales de turaţie dar şi de excitaţie) însă sînt mai mari şi mai grei (fig. 4).

Pentru a apropia caracteristica externă şi mai mult de o hiperbolă, firma Oerlikon a introdus o rezistenţă neliniară în circuitul de excitaţie derivaţie [8].

Generatorul principal (ca şi motoarele de tracţiune) este caracterizat prin curenţii: maxim, uniorar şi de durată şi prin tensiunea maximă (respectiv curentul de excitaţie maxim) şi nominală. Puterea de dimensionare este tensiunea maximă × curentul uniorar. Aceasta se poate reduce prin utilizarea slăbirii de cîmp a motoarelor de tracţiune (scăderea tensiunii maxime), respectiv a conexiunii serie-paralel (scăderea curentului maxim).

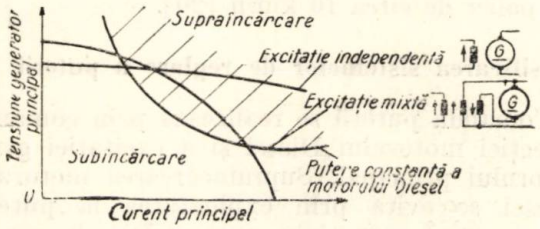


Fig. 4. Zonele de supraîncărcare posibilă a motorului Diesel de către generatorul principal.

Generatorul principal este de obicei protejat contra supratensiunilor şi supracurenţilor (în acest ultim caz prin aparatajul prevăzut pentru motoarele de tracţiune). O altă sursă de avarii posibilă este cercul de foc [9].

Motorul de tracţiune. Motoarele de tracţiune sînt montate de regulă în boghiuri (cu excepţia locomotivelor de manevră mici). Condiţiile severe de funcţionare fac necesare o construcţie robustă şi un volum mic. Numărul de motoare pe unitate motoare variază între 2 şi 6. Motoarele sînt cuplate de obicei cu osiile motoare prin angrenaje reductoare [10].

Înfăşurările de excitaţie ale motoarelor sau indusurile sînt alimentate prin inversoare, pentru a se putea schimba sensul de mers. Acţionarea inversoarelor sub tensiune este interzisă. Motoarele de tracţiune sînt conectate în circuit prin contactoare şi sînt protejate de relee maximale.

Motoarele de tracţiune trebuie protejate contra supracurenţilor şi contra patinării, respectiv blocării osiilor motoare. Detectarea patinării se efectuează de obicei comparînd FCEM a cîte două motoare de tracţiune şi în acest caz se poate interveni prin nisipare, aplicarea unei frîne pneumatice speciale şi prin dezexcitarea generatorului principal [11]. Uneori motoarele de tracţiune sînt protejate şi contra supraturării.

Slăbirea de cîmp a motoarelor de tracţiune într-una sau mai multe trepte este folosită pe scară largă. De multe ori ea este comandată de un releu de tensiune. „General Electric" a utilizat pe unele locomotive comanda în funcţie de viteză cu ajutorul unui tahogenerator de c. a. cuplat cu osia motoare şi circuite acordate [12].

Pe multe locomotive sovietice şi americane se utilizează conexiunea serie-paralel comandată automat sau manual, de obicei întregită de o treaptă de slăbire de cîmp în fiecare situaţie. Comanda automată se poate da funcţie de viteză sau trecere serie-paralel în funcţie de tensiune şi revenirea funcţie de curent [13]. Unii constructori o consideră ca o conexiune marfă-pasageri. Ea este aplicată în general rar de constructorii europeni.

Circuitul principal. Circuitul principal poate fi pus la masă sau izolat. (Pe locomotivele sovietice şi americane circuitul principal este izolat.). În acest ultim caz se prevede un releu de protecţie împotriva punerii la masă, montat ca în fig. 5.

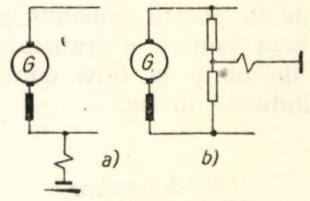


Fig. 5. Montarea releului de protecţie împotriva punerii la masă.

Caracteristicile transmisiei electrice

Transmisia electrică lucrează într-un domeniu foarte larg de tensiuni şi curenţi. Acest lucru trebuie avut în vedere, deoarece majoritatea diagramelor se referă numai la o poziţie a manetei de comandă.

Rezistenţa la înaintare. Există multe formule de calcul a rezistenţei la înaintare, a unităţii motoare, respectiv a trenului, funcţie de felul tracţiunii, felul trenului (garniturii) şi de viteza comercială [14], [15], [16], [17]. Dacă sînt necesare date foarte exacte sau dacă forma trenului este în studiu, se apelează la tunelul aerodinamic.

La pornire rezistenţa este mare datorită stării de ungere necorespunzătoare a lagărelor. La viteze mici, componenta principală a rezistenţei la înaintare este greutatea, la viteze mari (de la circa 100 km/h) contează practic numai rezistenţa aerodinamică. Panta liniei şi curbele măresc corespunzător rezistenţa la înaintare. Alura curbelor este indicată în fig. 6.

Roţile motoare dezvoltă un efort de tracţiune. Acesta nu are voie să depăşească forţa aderentă, pentru a evita patinarea roţilor motoare. Valoarea acestei forţe se poate lua:

$$F_a\,[\mathrm{kg}] = \frac{\mu\, n\, G_a}{1 + 0{,}1\, v}$$

unde n este numărul de osii motoare; G_a — greutatea pe osie; v — viteza, km/h. Coeficientul

de aderenţă μ are valorile uzuale 0,2 — 0,25 (pentru şine unde $\mu = 0{,}1$) [18]. Valoarea sa limitează efortul de pornire. S-au semnalat porniri cu $\mu = 0{,}35$ [19], puterea fiind însă crescută foarte lin.

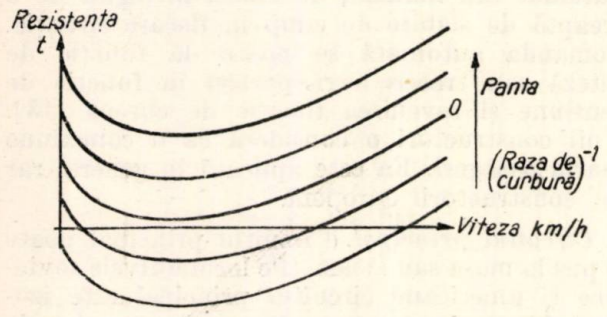


Fig. 6. Rezistenţa la înaintare.

Caracteristicile la generator în mers normal. Caracteristicile în planul tensiune generator — curent generator pentru o transmisie electrică fără slăbire de cîmp şi fără conexiune serie paralel sînt indicate în fig. 7.

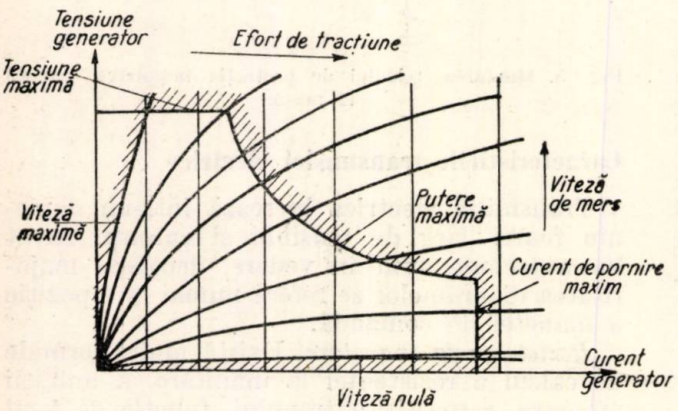


Fig. 7. Caracteristicile la generator în regim normal

Caracteristicile de frînare dinamică. Frînarea dinamică este utilizată mai ales de constructorii americani. Avantajele ei: cruţarea roţilor, respectiv saboţilor, şi a frînei mecanice

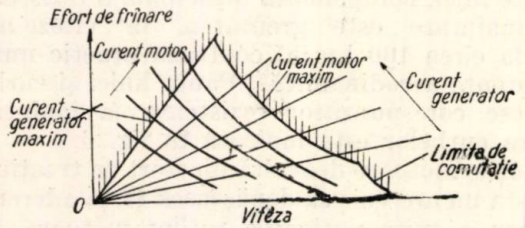


Fig. 8. Caracteristicile în regim de frînare dinamică.

au fost prezentate pe larg [20], [21]. Ea necesită însă spaţiu şi material suplimentar şi nu este eficace decît la viteze şi pante nu prea mari.

Caracteristicile sînt indicate complet de CANDEE [22]. Curbele din fig. 8 sînt întrucîtva simplificate.

Prin mărirea curentului generatorului în funcţie de viteză, la viteze mai mici (ceea ce este posibil datorită scăderii pierderilor în fier), firma „General Electric" a putut obţine în loc de un punct de efort de frînare maxim, un palier de circa 10 km/h [20].

Clasificarea sistemelor de reglare a puterii

Comanda puterii se realizează prin comanda injecţiei motorului Diesel şi a excitaţiei generatorului principal. Supraîncărcarea motorului Diesel se evită prin exploatarea la putere constantă. În principiu motorul Diesel poate fi supraîncărcat, încărcat nominal sau subîncărcat (atingerea unei limitări sau patinări). Există cazuri în care motorul Diesel nu poate furniza toată puterea (de exemplu 1 — 2 cilindri nu lucrează).

Sistemele de reglare a puterii pot fi clasificate astfel după structura în regimul normal de mers:

— sisteme cu buclă deschisă (fig. 9 *a*);

— sisteme cu buclă închisă: reglare de injecţie sau reglare de turaţie (fig. 9 *b*, respectiv 9 *c*).

În cazul sistemelor cu buclă deschisă, turaţia motorului Diesel este reglată de regulatorul centrifugal cu care este dotat iar generatorul este cu excitaţie mixtă. Conductorul comandă turaţia motorului Diesel şi excitaţia generatorului. De exemplu se comandă mai întîi

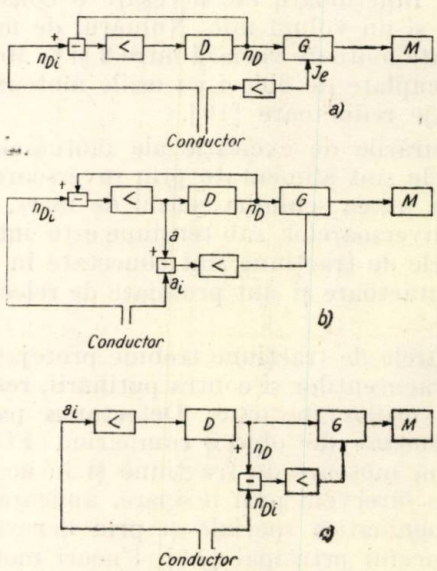


Fig. 9. Tipurile de sisteme de reglare a puterii:
D — Diesel; G — generator; M — motor de tracţiune; n_D — turaţie Diesel; n_{Di} — turaţie impusă; a — injecţie reală; a_i — injecţie impusă; I_e — curent de excitaţie.

turaţia minimă, apoi se creşte excitaţia pînă la valoarea nominală, în fine se creşte şi turaţia

motorului Diesel pînă la valoarea nominală [23]. Motorul Diesel nu este încărcat nominal decît întîmplător. Dacă este subîncărcat, ambalarea sa este împiedicată de regulatorul său de turaţie. Dacă este supraîncărcat, turaţia sa se reduce însă nu foarte mult, deoarece cuplul rezistent al generatorului cu excitaţie mixtă scade destul de repede cu turaţia.

Sistemul este simplu, însă nu asigură o exploatare completă a motorului Diesel. Sub această formă este întrebuinţat numai pe locomotive de manevră mici.

O îmbunătăţire sensibilă se poate obţine excitînd generatorul printr-o excitatrice cuplată cu motorul Diesel, amplificarea introdusă avînd ca efect reducerea abaterii de turaţie în zona de supraîncărcare. Cu anumite precauţii, se poate atinge o precizie de cîteva procente în ce priveşte reglarea puterii. Această precizie scade însă atunci cînd nu toţi cilindrii motorului Diesel lucrează.

La sistemele cu reglarea injecţiei, excitaţia generatorului este funcţie de abaterea dintre injecţia reală (comandată de regulatorul centrifugal al motorului Diesel) şi injecţia impusă.

Perechile de valori injecţie impusă — turaţie impusă se aleg astfel încît să fie situate în zona optimă de exploatare a motorului Diesel.

La subîncărcare (intervenţia limitărilor), ambalarea motorului Diesel este împiedicată de regulatorul centrifugal al motorului Diesel.

Teoretic este posibilă o supraîncărcare la putere maximă (cînd injecţia reală este deja maximă). La pornire, sistemul tinde să comande excitaţia maximă, de aceea este necesară intervenţia unui circuit de limitare a curentului.

Sistemele cu reglare de turaţie se caracterizează prin aceea că conductorul comandă injecţia motorului Diesel şi impune turaţia care este reglată prin încărcarea motorului Diesel. Problema specifică este aceea a posibilităţii ambalării motorului Diesel la subîncărcare. După modul de rezolvare se pot deosebi două variante :

1) se admite posibilitatea unei măriri a turaţiei pînă la cea maximă, unde intervine o limitare a turaţiei — soluţia Ganz [24], [25];

2) la mărirea abaterii de turaţie peste o limită stabilită, abaterea de turaţie comandă reducerea injecţiei, ca şi cum în acest regim motorul Diesel ar fi echipat cu un regulator centrifugal — soluţia „General Electric".

Mai trebuie amintit că în multe cazuri reglarea puterii în circuit închis nu are loc pe toate poziţiile manetei de comandă ci se introduce de la o anumită poziţie înainte. Elementele sistemelor trebuie să corespundă unor condiţii grele : siguranţă în exploatare, rezistenţă la şocuri şi trepidaţii, gabarit şi greutate redusă.

Exemple de realizări

În această parte se va trece în revistă o serie de realizări ale diverşilor constructori. Schemele prezentate sînt simplificate, cititorul interesat putînd găsi informaţii de detalii în literatura citată.

Sisteme cu buclă deschisă. Dintre locomotivele mari construite după război se găsesc în literatură descrieri complete ale locomotivei sovietice Tə2 [26], [27]. Este vorba de o locomotivă $2(B_0 - B_0)$, $2 \cdot 1\,000$ CP, viteză maximă 100 km/h.

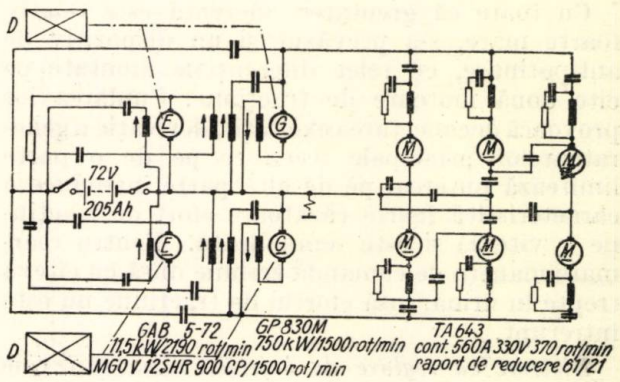


Fig. 10. Schema simplificată a transmisiei electrice a locomotivei Alsthom O6ODB. (În schemă nu s-au mai reprezentat inversoarele de sens).

O altă realizare interesantă este locomotiva Alsthom 060DB construită pentru Căile Ferate Franceze [28], [29], [30], formulă constructivă $C_0 - C_0$, $2 \cdot 900$ CP, greutate 104 t, viteză maximă 130 km/h. Efort de pornire 25,5 t. Puterea motoarelor Diesel se poate utiliza în domeniul 15—130 km/h (fig. 10).

Circuitele principale sînt astfel proiectate încît să permită funcţionarea în două conexiuni :

— conexiunea marfă cu două grupe de trei motoare în paralel în care puterea maximă se poate utiliza în domeniul 15—65 km/h (viteză maximă 80 km/h, viteză de durată 24 km/h);

— conexiunea pasageri cu trei grupe de două motoare în paralel în care puterea maximă se poate utiliza în domeniul 30—130 km/h (viteză de durată 45 km/h).

Trecerea de la o conexiune la alta se comandă de către conductor. Demararea cu o conexiune şi trecerea ulterior pe cealaltă este uşurată de faptul că zonele de funcţionare respective au un domeniu mare comun.

Comanda slăbirii de cîmp se face manual la 45 km/h în conexiunea marfă respectiv 75 km/h în conexiunea pasageri, revenirea la cîmp plin fiind însă automată.

Reglarea puterii se bazează pe dezexcitarea rapidă a generatorului la o suprasarcină, datorită unei abateri de turaţii. Excitatricele generatorilor principali sînt puternic saturate, curentul de excitaţie independentă a generatorilor fiind determinat de diferenţa dintre tensiunea excitatricelor, proporţională cu turaţia şi tensiunea bateriei. Circuitul este compensat faţă de fluctuaţiile de tensiune eventuale ale bateriei. Precizia reglării de putere obţinută a fost

de $\pm 1{,}7\%$. Această realizare a fost mult ușurată prin existența celor două conexiuni.

Comanda puterii se realizează prin comanda turației motorului Diesel în opt trepte, între 550 și 1 500 rot/min (eforturile de pornire corespunzătoare fiind 4, respectiv 25,2 t), cu supape electropneumatice care comandă servomotoare pneumatice.

Cu toate că greutatea aderentă este relativ foarte mare, s-a prevăzut și un dispozitiv de antipatinare, cu relee diferențiale montate pe cîte două motoare de tracțiune. Cuplarea lor provoacă deconectarea excitației derivație a generatoarelor principale (ceea ce pe de o parte limitează puterea, pe de altă parte introduce o caracteristică foarte căzătoare efort de tracțiune — viteză) și este semnalizată. Pentru rearmare maneta de comandă trebuie dusă cu cîteva trepte în urmă, însă efortul de tracțiune nu este întrerupt.

Sisteme cu reglare de injecție. Una din cele mai cunoscute realizări în această direcție este sistemul Brown-Boveri. În fig. 11 este arătată utilizarea acesui sistem pe locomotiva Sulzer $2D_0 1 + 1D_0 2 \cdot 2\,000$ CP, 230 t viteză maximă 100 km/h efort de pornire 36 t, a C.F.R. [31], [32], [33].

Generatorul principal G este cu excitație mixtă, introducînd deci constituțional limitarea de curent și de tensiune. Turația motorului Diesel D este comandată prin variația pretensionării resortului r cu ajutorul unui dispozitiv electropneumatic. Pe primele trei poziții ale manetei de mers turația este constanta caracteristică externă a generatorului fiind variată prin comanda excitației independentă. Pe poziția a patra se ridică turația. Pe ultimele patru trepte are loc funcționarea propriu-zisă cu reglarea automată a puterii, în zona optimă a motorului Diesel.

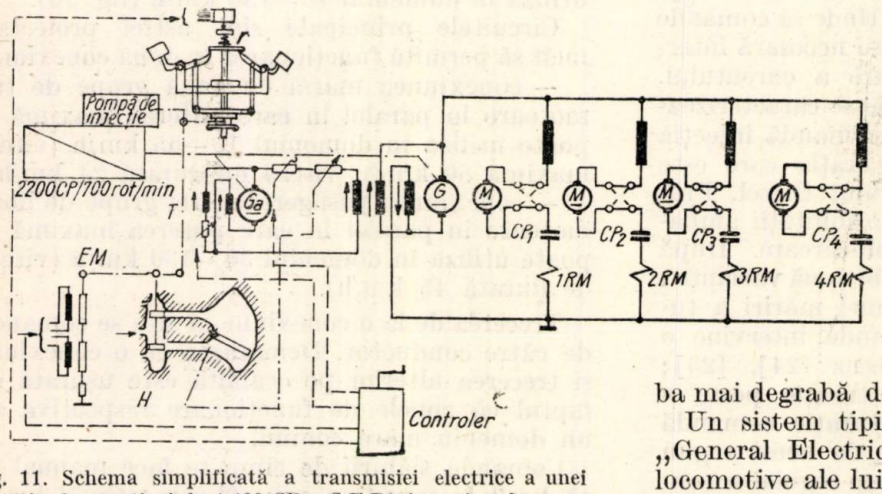


Fig. 11. Schema simplificată a transmisiei electrice a unei unități a locomotivei de 4 400 CP a C.F.R., în regim de mers pe putere constantă.

CP — contactor principal; *RM* — relee maximale.

Dacă panta crește, curentul crește și prin aceasta crește cuplul rezistent al generatorului principal. Regulatorul centrifugal RC crește injecția pentru a menține turația comandată, mișcînd tija T și comandînd amplificatorul hidraulic H prin compararea cu injecția impusă prin dispozitivul electromagnetic EM. Acesta mărește rezistența reostatului R, ceea ce scade tensiunea. Astfel, funcționarea are acum loc la aceeași putere însă la un curent mai mare și la o tensiune mai mică. Funcționarea este analogă în cazul scăderii pantei căii. La pornire sau la viteză maximă, turația motorului este menținută de regulatorul centrifugal. Precizia este de circa 2%, timpul de răspuns atinge 10 s [34].

Motoarele de tracțiune sînt protejate prin relee maximale.

Dispozitivul de antipatinare la pornire se bazează pe nisipare și intervenția unei frîne speciale.

Locomotiva de 4 400 CP a C.F.R. a fost la vremea în care a fost livrată (1938) una din cele mai mari unități motoare construite în lume și este și actualmente în serviciu.

Sistemul de reglare automată a puterii cu servoregulator de cîmp Brown-Boveri este aplicat și pe locomotive Sulzer noi [35], [36] însă cu comandă continuă a puterii în regim de mers normal (cu reglare automată de putere). Comanda continuă este realizată printr-un sistem pneumatic, comandat de maneta de mers.

Pe locomotivele de 2 000 CP „Ceinture" s-a introdus și slăbirea de cîmp pînă la 46% comandată de tensiunea generatorului. Pe automotoarele *TEE* (Trans-Europe-Express 2 300 CP 140 km/h, servoregulatorul de cîmp *BBC* a fost utilizat împreună cu un regulator Woodward[2]) [37].

Sisteme cu reglare de turație. Aici nu se va descrie varianta Ganz, fiind vorba mai degrabă de un caz particular.

Un sistem tipic este cel introdus de firma „General Electric", care echipează o serie de locomotive ale lui „American Locomotive Company", de 1 500 și 2 000 CP [20], [38]. Schema simplificată este indicată în fig. 12.

Comanda se dă cu ajutorul a două controlere: C (comanda normală) și F (frînare dinamică). Controlul C are opt poziții, cărora le corespund opt turații ale motorului Diesel. Frînarea dinamică are loc pe turația de mers în gol.

Circuitul principal include slăbirea de cîmp și conexiunea serie-paralel. Comutarea la pornirea locomotivei: serie, serie cu slăbire de cîmp,

[2]) Regulator astatic de turație, cu amplificare hidraulică.

paralel, paralel cu slăbire de cîmp, se realizează prin comenzi date de la controlerul C şi relee.

Generatorul principal este excitat de o amplidină cu trei înfăşurări de comandă. Contactele

frînare dinamică. Limita curentului principal este comandată de controlerul C prin reostatul R_2, astfel că acceleraţia de pornire este variabilă. În regim de frînare dinamică, curentul

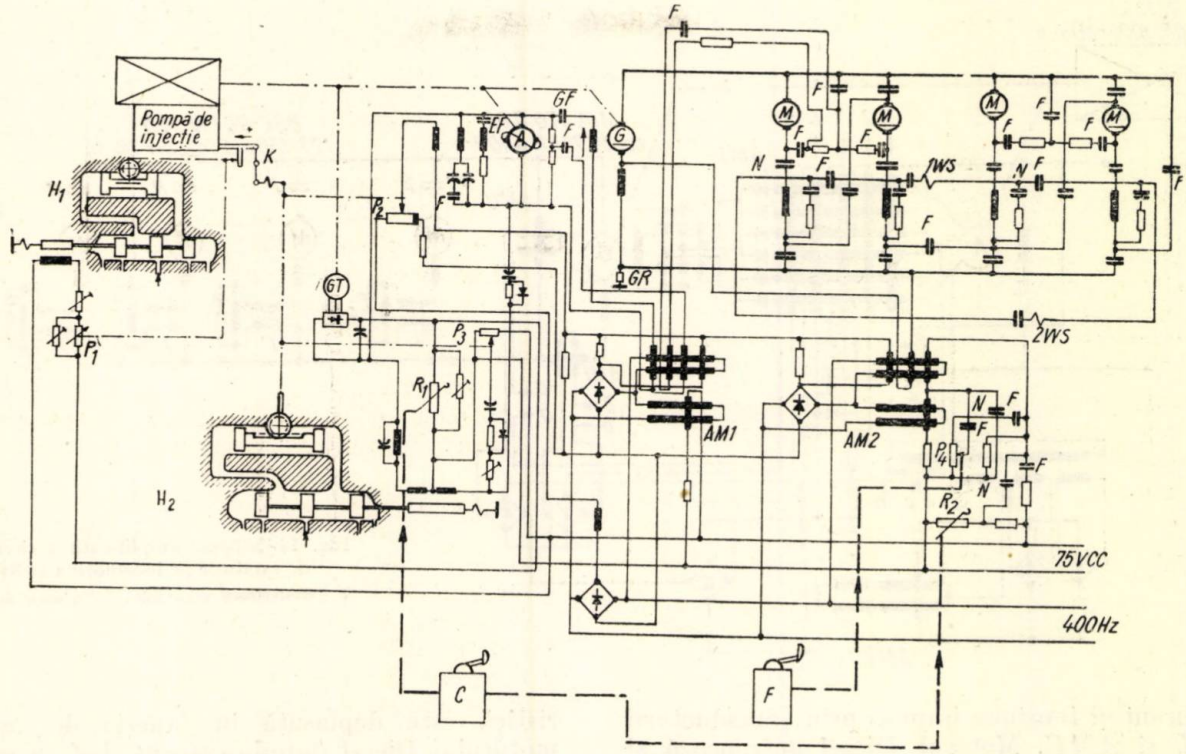


Fig. 12. Schema simplificată a sistemului „General Electric". Nu s-a reprezentat inversorul de sens. Litera F se referă la regimul de frînare dinamică.

GF şi EF se deschid pe poziţia „oprit" a manetei sau dacă Dieselul este oprit. Releul EF întrerupe şi alimentarea cu tensiune de 400 Hz. La cuplarea unuia din releele GR (puse la pămînt) sau WS (patinare) generatorul este dezexcitat.

Pe poziţiile $3-8$ a controlerului C, injecţia maximă a motorului Diesel este limitată de amplificatorul electrohidraulic H_1 care repetă (potenţiometrul P_1) poziţia impusă de controler (echivalent cu un reostat R_1).

Amplificatorul electrohidraulic H_2 are două înfăşurări : una de comandă, cealaltă de stabilizare şi acţionează potenţiometrul P_2 de excitare a amplidinei, funcţie de abaterea dintre turaţia motorului Diesel (măsurată de tahogeneratorul GT) şi turaţia impusă prin reostatul R_1, respectiv resortul sertarului de comandă. Perechile de valori injecţie maximă, turaţia impusă corespunzătoare fiecărei poziţii a manetei sînt alese în zona optimă a motorului Diesel. În regim normal (de putere constantă), injecţia pe fiecare poziţie este constantă şi egală cu cea maximă impusă de H_1.

Transductorii AM_1 şi AM_2 introduc limitarea de curent de excitaţie, respectiv curent al generatorului. AM_1 limitează şi curentul în indusul motoarelor de tracţiune în regim de

generatorului este comandat prin maneta de comandă F, cu ajutorul potenţiometrului P_4, pentru a putea varia efortul de frînare.

La intervenţia transductorilor AM_1 sau AM_2 amplidina este dezexcitată iar motorul Diesel are tendinţa să se ambaleze ; la o abatere de turaţie suficientă (corespunzătoare unei curse a amplificatorului H_1 ce aduce cursorul potenţiometrului P_2 pe porţiunea scurtcircuitată) amplificatorul H_2 comandă, prin intermediul

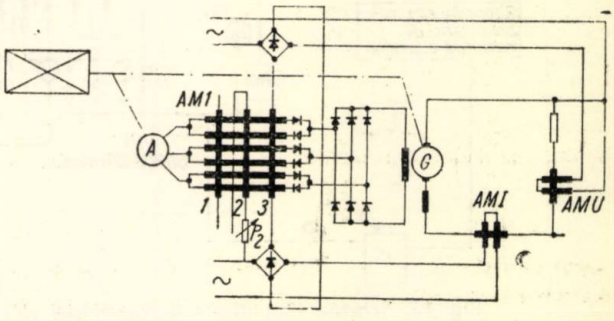


Fig. 13. Sistemul „General Electric" cu excitare statică.

cuplei elastice K scăderea injecţiei, menţinînd astfel turaţia aproximativ constantă.

Firma „General Electric" a dezvoltat şi un sistem cu excitare statică (fig. 13) [39], [40].

Alternatorul auxiliar A este în acelaşi timp sursa de alimentare a amplificatorului trifazic AM_1 cît şi tahogenerator. Tensiunea sa este funcţie de frecvenţă şi tot aşa sînt şi limitele

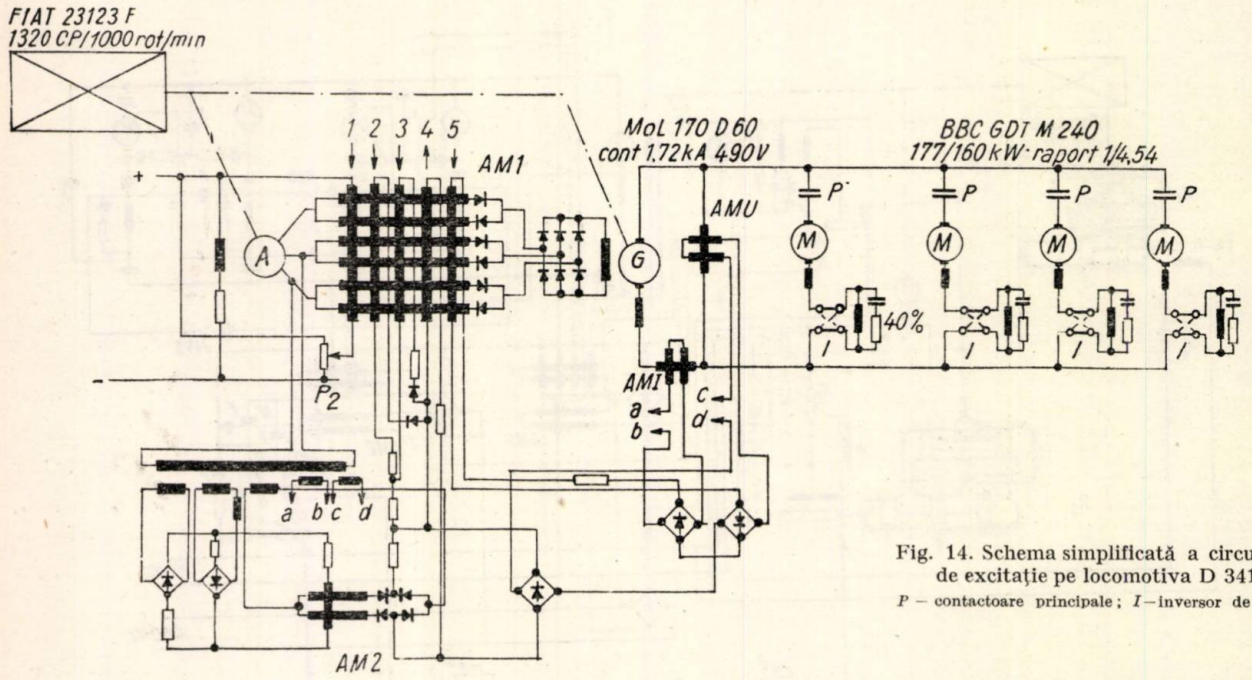


Fig. 14. Schema simplificată a circuitelor de excitaţie pe locomotiva D 341 :
P — contactoare principale ; I — inversor de sens.

de curent şi tensiune impuse prin transductorii AML şi AMU. Motorul Diesel antrenează şi un generator de c.c. pentru serviciile auxiliare.

Un sistem asemănător este utilizat pe locomotiva italiană D 341 [41] (o locomotivă B_0-B_0 de 1 320 CP, 64 t viteză maximă, 100 km/h, efort de pornire 18,9 t). Circuitele de excitare sînt indicate în fig. 14.

Comanda injecţiei şi a turaţiei motorului Diesel utilizează amplificatoare electrohidraulice de curent şi tensiune impuse prin transductorii AML şi AMU. Motorul Diesel antrenează şi un generator de c.c. pentru serviciile auxiliare.

Un sistem asemănător este utilizat pe locomotiva italiană D 341 [41] (o locomotivă B_0-B_0 de 1 320 CP, 64 t viteză maximă, 100 km/h, efort de pornire 18,9 t). Circuitele de excitare sînt indicate în fig. 14.

Comanda injecţiei şi a turaţiei motorului Diesel utilizează amplificatoare electrohidraulice asemănătoare cu cele utilizate la locomotiva „General Electric" descrisă mai sus.

Controlerul de comandă are opt poziţii. Pe primele şase puterea este reglată în circuit deschis, amperspirele înfăşurărilor *2,3,4* şi *5* fiind astfel dimensionate, încît să rezulte o caracteristică externă apropiată de o hiperbolă din patru segmente de dreaptă. Această caracteristică este deplasată în funcţie de turaţia motorului Diesel (amplificatorul AM_2 măsoară turaţia motorului Diesel). Pe poziţiile *7* şi *8* puterea este reglată în circuit închis (deci caracteristica externă devine o hiperbolă riguroasă) cu ajutorul potenţiometrului P_2 mişcat de amplificatorul electrohidraulic ce măsoară turaţia.

Principiul de a deplasa caracteristica externă prin turaţia motorului Diesel a fost aplicat şi

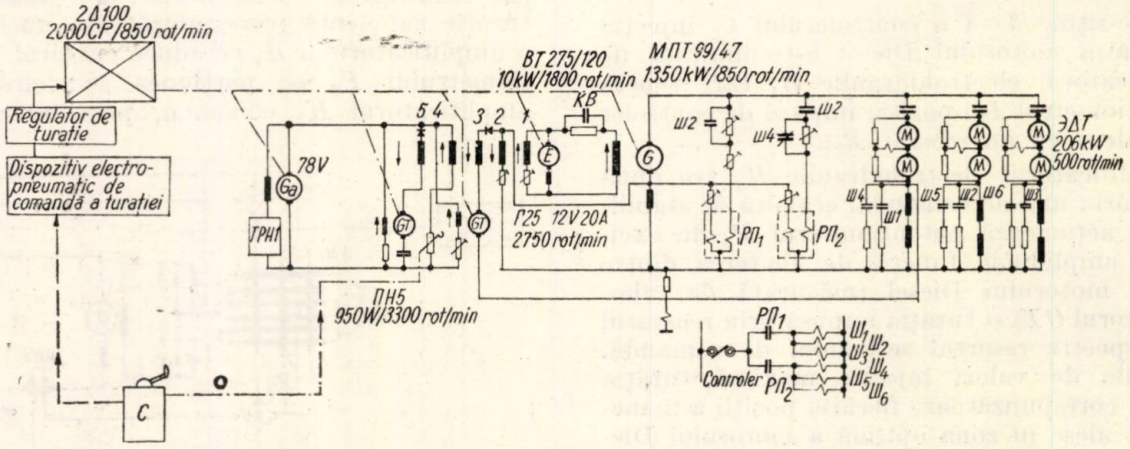


Fig. 15. Schema simplificată a transmisiei electrice u ilizate pe locomotiva ТЭ 3. Nu s-a reprezentat inv ersorul de sens.

pe locomotivele sovietice ТЭ 3 [42], [43], [44], [45] (locomotiva $C_0 - C_0$ 2 000 CP, 126 t, viteză constructivă 100 km/h). Schema simplificată a transmisiei electrice este indicată în fig. 15.

Fluxul motoarelor este slăbit în două trepte, la circa 24 km/h, respectiv 42 km/h (pentru poziția 16 a controlerului). Comanda slăbirii se realizează prin releele cu două înfășurări P_{Π_1}, și P_{Π_2}, care comandă contactoarele de slăbire a cîmpului.

Controlerul de comandă are 16 poziții.

Generatorul este excitat de o excitatrice de construcție specială, cu multe înfășurări de comandă. Înfășurarea *3* introduce limitarea automată a curentului funcție de turația motorului Diesel, datorită unui tahogenerator și unui redresor montați în serie. Înfășurarea *4* de excitație independentă este alimentată de la tensiunea auxiliară de 75 V în serie cu o rezistență. Aceasta este variată (scăzută) pe pozițiile *1*, *2*, *3*, cum și *15* și *16*. Înfășurarea de reglare *5* se introduce în circuit în poziția *9* și intervine în domeniul 820—850 rot/min (turația de mers în gol a motorului Diesel este 400 rot/min).

Cuplarea unuia din releele de protecție contra patinării provoacă decuplarea releului *KB* și este semnalizată optic.

Concluzii

Tracțiunea Diesel electrică pune probleme multiple în privința realizării sistemelor de comandă și automatizare. Există încă o diversitate apreciabilă de realizări diferite ca principiu, complexitate și mijloace de realizare.

Printre tendințele moderne se pot cita : utilizarea de elemente moderne (amplidină, amplificatori magnetici, rezistențe neliniare), simplificarea comenzilor, comanda continuă a puterii, comanda automată a slăbirii de cîmp.

BIBLIOGRAFIE

[1] GHIKȘMAN, E. A. : *Ekonomiceskaia effektivnost primenenia novoi tehniki na jeleznih dorogah* Jeleznoe. Transport, 1956 nr. 2. p. 38.

[2] *A study in Diesel traction.* Diesel Railway Tract. 1955, nr. 1, p. 13.

[3] BROWN KIMBALL : *A reappraisal of the economics of railway electrification : how, when and where can it compete with Diesel electric locomotives* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs., 1954, partea 2, p. 35.

[4] *Electric traction replaced by Diesel.* Diesel Railway Traction, 1957, nr. 10, p. 367.

[5] *British buill 3300 HP locomotive.* Diesel Railway Traction, 1955, nr. 12, p. 375.

[6] *Hungarian standard locomotives.* Diesel Railway Traction, 1956, nr. 6, p. 257.

[7] KIENLIN, V. M. : *The relations of engine and transmission* Diesel Railway Traction, 1957, nr. 10, p. 369.

[8] DUREUIL, A., ANDEREGG, E. : *Les locomotives Diesel-éléctriques série 030 DD 450 des Chemins de Fer du Maroc.* Rev. gén. des Chem. de Fer, 1956, nr. 2, p. 61.

[9] POWELL, A. C. : *Fundamentals of flashing of Diesel electric mashines and generators* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1954, nr. 2, p. 70.

[10] BEUAN : *Gearing for Diesel electric locomotives.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs., 1954, partea 2, p. 510.

[11] SMITH, M. R. : *Locomotive wheel-slip and wheel-lock protection.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 1950, partea 2, p. 1154.

[12] BOWLER, E. I. : *Speed sensitive devices for locomotives.* Diesel Railway Traction, 1953, nr. 8, p. 173.

[13] BOWER, E. J. : *Series-paralell control.* Diesel Railway Traction, 1952, nr. 8, p. 213 și nr. 12, p. 303.

[14] BABICIKOV, M. K., EGORCENKO, F. B. : *Tiag poezdov Teoria, rasciott ispttania.* Transjeldorizdat, Moscova 1957.

[15] JUDTMANN, O. : *Motorzugforderung auf Schienen, Springer,* Wien, 1938.

[16] KOFFMANN, K. I. : *Tractive resistance* Diesel Railway Traction, 1950, nr. 1.

[17] *Air resistance of rolling stocks.* Diesel Railway Traction, 1957, nr. 8, p. 365.

[18] CUDABLU, L. : *Automotorul* Bucovina, București, 1946.

[19] *Wheel slip or speed difference.* Diesel Railway Traction, 1955, nr. 6, p. 164.

[20] JOHANSSON, V.A. : *Dynamic braking on Diesel electric locomotives* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs., 1953, partea 2, p. 105

[21] *Dynamic braking.* Diesel Railway Traction, 1951, nr. 10, p. 29.

[22] CANDEE, H. A. : *The renaissance of electric motive power.* Trans. Amer Inst. electr. Engrs., 1949, nr. 1, p. 138.

[23] *The elements of electric transmissions.* Diesel Railway Traction, 1952, nr. 8, p. 199.

[24] DERI, E. : *A szovjetunio részére szàllitot „Ganz" motorvonat és az átadás folyanian szerzett taparztalatok,* Elektrotechnika, 1952, nr. 3, p. 90.

[25] STRÓKAY, P. : *Dieselvillamos járművek szabályozása. A Ganz villamossagi gyárban folyattot katatósok eredmè nyei.* Elektrotrechnika, 1951, nr. 9, p. 258.

[26] TERTICIKO, A. N., KUZNETOV F. T. : *Teplovoz TE 2, G. T. J. I.,* Moscova, 1952.

[27] HOHLOV, N. T., PLATONOV, V. E. : *Teplovoz serii TE 2.* Transjeldorizdat, Moscova, 1952.

[28] PELLEVAT, A., CHAUMEL, P. : *Les locomotives Diesel éléctriques de 1 800 CH de la SNCF.* Techn mod., 1957, nr. 8, p. 449.

[29] CHAUMEL, M., MARTIN, I. A., CHATEL, M. : *Les locomotives Diesel-éléctriques série 060 DB de 1 800 CH de la SNCF.* Rev. gén. Chem. de Fer, 1957, nr. 4, p. 173.

[30] *French 1 800 HP express locomotives* Diesel, Railway Traction, 1957, nr. 3, p. 105.

[31] *La locomotive Diesel-éléctrique de 4 400 CH pour les chemins de fer roumains.* Rev. techn. Sulzer, 1938, nr. 3, p. 1.

[32] WHITWELL, A. G. : *La regulateur de champ Brown Boveri à servomoteur.* Rev. Brown Boveri, 1954, nr. 11.

[33] *Manualul inginerului electrician,* vol. VI, Editura Tehnică, București, 1958.

[34] BOISSON R. : *Transmissions éléctriques pour locomotives à moteurs Diesel.* Bull. Soc. franç. Electr., 1952, nr. 1, p. 16.

[35] Diesel Railway Traction, 1954, nr. 5, p. 102.

[36] CHATEL BOISSON PICAUT : *Les locomotives Diesel-éléctriques série 060 DA de 2 000 CH de la SNCF.* Rev. gén. Chem. de Fer, 1956, nr. 5, p. 206.

[37] *Dutch-swiss TEE trains.* Diesel Railway Traction, 1957, nr. 8, p. 291.

[38] MC GOWAN, F. A. : *Diesel electric locomotive handbook,* vol. 2, cap. 9, p. 115. Simmons Boardman, New York, 1951.

[39] MC ELHEMY SMITH : *Static excitation control for Diesel-electric locomotives.* Trans. Amer. Inst. electr. Engrs., 1954, partea 2, p. 138.

[40] *Electric equipment for large locomotives* Diesel Railway Traction 1957, nr. 8, p. 313.

[41] CAMPOSANO, P. : *La nuova locomotiva Diesel elettrica D 341 delle ferrovie dello stato.* Ingegn. Ferr., 1958, nr. 4, p. 319.

[42] *Teplovoz* TE 3. Jeleznoe Transport, 1956, nr. 11.

[43] RUDAIA, I. K. : *Osobennosti elektriceskoi peredaci teploboza* TE 3. Tehn. Jeleznoe Dorogi, 1956, nr. 4, p. 14.

[44] EZRIN, S. G., BUDITKI, A. A. : *Elektriceskaia schema teplovoza* TE 3., Transjeldorizdat, Moscova, 1957.

[45] *Soviet Type* TE 3 *Diesel electric locomotive* Diesel Railway Traction, 1958, nr. 1.

CHRISTOFOR VAZACA*)

Calculul generatorilor electronici industriali alimentaţi în curent alternativ, fără redresor

CZ 621.373.4 : 621.36

În aplicaţiile industriale şi mai ales în încălzirea prin inducţie se întîlnesc generatori electronici alimentaţi direct de la reţeaua de curent alternativ, fără redresor anodic.

La astfel de generatori, tubul electronic de putere este o funcţionare cu dublu rol, de oscilator şi de redresor şi în general utilizarea sa este foarte proastă, mai cu seamă dacă este vorba de o schemă cu un singur tub, în care redresarea este deci de tipul monofazat monoalternanţă. Dacă se întrebuinţează mai multe tuburi, se pot realiza scheme în care redresarea are un caracter polifazat şi performanţa generatorului în ansamblu devine mai interesantă, deşi utilizarea fiecărui tub în parte este proastă [1].

În articolul de faţă nu vom discuta avantajele şi dezavantajele tehnice şi economice ale generatorilor cu redresor sau fără redresor, ci ne vom limita la expunerea unei metode de calcul a unui oscilator de putere alimentat direct în alternativ. Metoda este aplicabilă la orice schemă, cu alimentare mono- sau polifazată; pentru simplificarea expunerii se tratează aici numai cazul schemei cu redresare monofazată dublă alternanţă. De altfel, în practică, nu se întîlnesc decît scheme monofazate.

Apreciem că este destul de interesantă cunoaşterea unei astfel de metode, deoarece ea permite o proiectare judicioasă a generatorului electronic alimentat direct în curent alternativ; cunoscînd performanţa generatorului, din faza de proiectare, se poate face o comparaţie cu un generator clasic alimentat prin redresor şi se pot trage concluziile necesare asupra justificării economice a alegerii schemei generatorului.

În literatura de specialitate nu am găsit nici o indicaţie asupra metodei de proiectare a oscilatorilor alimentaţi în curent alternativ. Metoda expusă mai jos a făcut obiectul unei comunicări prezentată de autor la sesiunea ştiinţifică a Institutului Politehnic din Bucureşti, în iunie 1957, dar nepublicată.

Funcţionarea ca redresor cu rezistenţă de sarcină variabilă

Schema care se va examina este reprezentată în fig. 1. Din punctul de vedere al frecvenţei înalte (sute de kHz), tuburile T_1 şi T_2 lucrează ca oscilatoare în paralel pe circuitul oscilant L_0-C_0, legătura fiind făcută prin condensatorii C_a, iar calea spre sursa de alimentare fiind blocată prin şocurile de înaltă frecvenţă L_a. Din punctul de vedere al frecvenţei joase (50 Hz), tuburile T_1 şi T_2 lucrează ca redresoare, într-o schemă de redresare monofazată dublă-

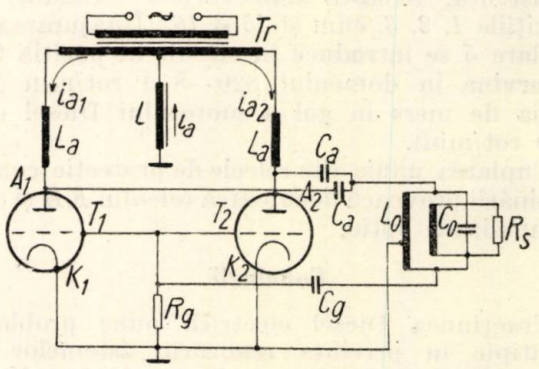


Fig. 1. Oscilator cu alimentare anodică în curent alternativ şi schemă de redresare monofazată dublă-alternanţă-

alternanţă. Sarcina redresorului este constituită de tuburile T_1, T_2, care absorb energie şi de reactorul de netezire L.

Pentru calculul circuitului redresor, tubul electronic poate fi înlocuit printr-o rezistenţă echivalentă. Dat fiind că perioada tensiunii de alimentare de 50 Hz este incomparabil mai mare decît perioada oscilaţiei de înaltă frecvenţă, se poate lua ca rezistenţă echivalentă raportul $R = E_a/I_{a_0}$, în care E_a este tensiunea de alimentare anodică şi I_{a_0} — curentul anodic mediu al tubului electronic respectiv. Se înţelege că această rezistenţă nu este constantă, ea variind cu I_{a_0}, după regimul de funcţionare al tubului oscilator.

Valoarea instantanee i_a a curentului în circuitul redresor se va putea lua egală cu valoarea medie I_{a_0} a curentului prin tub în funcţionarea ca oscilator; combinaţia L_a-C_a, cît şi impedanţa mare a circuitului redresor fac în adevăr ca prin sursa de 50 Hz să nu treacă decît componenta medie I_{a_0}.

Cu precizările de mai sus, schema din fig. 1 se poate înlocui cu schema din fig. 2, în ceea ce priveşte calculul circuitului redresor. Tuburile se presupun identice, deci $R_1 = R_2 = R$.

Dacă se neglijează impedanţa de scurtcircuit a transformatorului de alimentare T_r, schema din fig. 2 se poate înlocui la rîndul ei cu schema din fig. 3, în care tensiunile u_1 şi u_2 sînt pur

*) Ing. CHR. VAZACA este membru al Comisiei de automatizare de pe lîngă Prezidiul Academiei R. P. Romîne.

sinusoidale şi decalate la 180°. Întreruptoarele din schemă se închid alternativ şi numai dacă

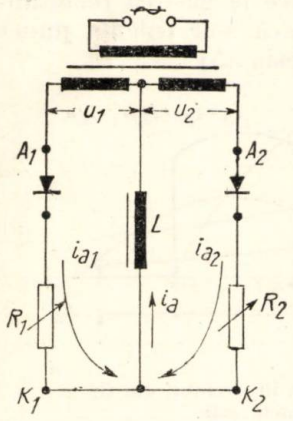


Fig. 2. Schemă echivalentă a circuitului din fig. 1, pentru funcţionarea ca redresor.

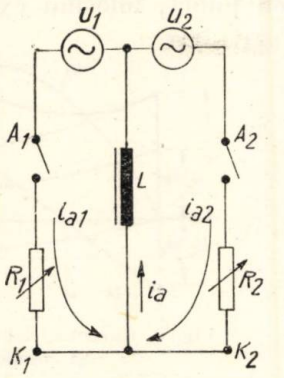


Fig. 3. Schemă echivalentă a circuitului din fig. 2, în ipoteza unui transformator de alimentare ideal.

potenţialul bornei A este mai mare decît potenţialul bornei K.

Tensiunea între $A-K$, în aceste scheme, se poate considera tensiunea de alimentare anodică a tubului oscilator. După valoarea inductanţei L a reactorului de netezire, această tensiune poate avea formele de undă din fig. 4.

Fiecare tub lucrează, atît ca redresor cît şi ca oscilator, numai jumătate din timp. Pentru a putea obţine aceeaşi putere utilă de înaltă frecvenţă ca şi în cazul unei alimentări sub

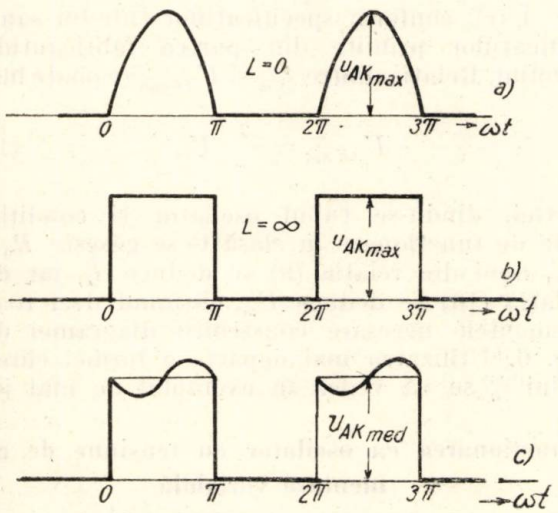


Fig. 4. Forme de undă ale tensiunii de alimentare anodică a circuitului din fig. 1 :
a – cazul $L = 0$; b – cazul $L = \infty$; c – cazul L oarecare.

tensiune continuă E_a, ar trebui mărită foarte mult tensiunea de alimentare pulsativă u_{AK}. Admiţînd că puterea utilă variază direct proporţional cu pătratul tensiunii de alimentare, pentru a putea obţine aceeaşi putere utilă medie şi putere disipată medie în cazul formei din fig. 4, a ar trebui să luăm $u_{AKmax} = 2E_a$, iar în cazul formei din fig. 4, b ar trebui să luăm $u_{AKmax} = \sqrt{2}\, E_a$. Bineînţeles, tensiuni mărite atît de mult nu sînt admise de izolantul tubului; asupra procentului admisibil de creştere a tensiunii de alimentare este necesar să se consulte fabricantul tubului oscilator.

În orice caz, utilizarea tubului în cazul schemei din fig. 1 rămîne simţitor inferioară cazului alimentării cu tensiune continuă. Reactorul L favorizează obţinerea unei tensiuni pulsative aproximativ dreptunghiulare; el nu poate fi luat prea mare, pentru că se poate pierde avantajul economic al lipsei tuburilor redresoare şi al transformatorilor de încălzire respectivi.

La o schemă trifazată, valoarea lui L poate fi mult mai mică, dar timpul de lucru al unui tub oscilator scade la o treime din perioadă.

Calculul curentului redresat

În schema din fig. 3, curenţii i_{a_1} şi i_{a_2} există fiecare cîte o jumătate din perioadă; ei nu se suprapun în L. Prin neglijarea impedanţei de

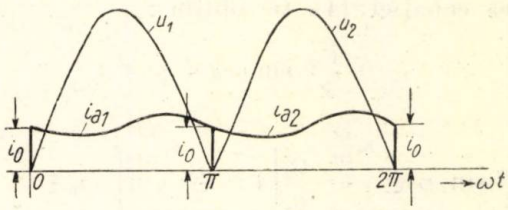


Fig. 5. Forma de undă a curenţilor de joasă frecvenţă în circuitele din fig. 1, 2 sau 3.

scurtcircuit (sau a reactanţei de scăpări) a transformatorului T_r, am admis implicit o perioadă de comutaţie nulă a curentului, de la un tub la altul.

Curentul i_a este format, pe rînd, de i_{a_1} şi i_{a_2} şi are forma din fig. 5; valoarea iniţială şi finală a curentului i_{a_1} sau i_{a_2} în schema din fig. 3 este i_0.

Urmărim să găsim expresia analitică a curentului, pentru ca apoi, cunoscînd rezistenţa echivalentă a tubului $R = f(I_{a_0})$ sau $R = f(i_a)$, să găsim tensiunea de alimentare a tubului oscilator :

$$u_{AK} = R \cdot i_a \,. \qquad (1)$$

Expresia lui i_a va rezulta din ecuaţia

$$L \frac{\mathrm{d}i_a}{\mathrm{d}t} + Ri_a = u = U_m \sin \omega t. \qquad (2)$$

Aceasta este, în general, o ecuaţie neliniară, deoarece în cazul circuitului de faţă R este variabil.

Să presupunem, însă, că funcţia $R = f(i_a)$ are forma :

$$R = R_0 + U_0 i_a^{-1} \qquad (3)$$

în care R_0 şi U_0 sînt două constante. Această ipoteză rămîne să se verifice dacă este valabilă; pentru aceasta, este necesar să cunoaştem valorile E_a şi I_{a_0} în funcţionarea tubului ca oscilator (în condiţiile schemei date) la diferite valori ale tensiunii de alimentare anodică $E_a = u_{AK}$, după care se trasează curba $R = \frac{E_a}{I_{a_0}}$ şi se vede dacă se poate aproxima satisfăcător cu o hiperbolă de forma din (3). Cu această ocazie se determină şi valorile coeficienţilor R_0 şi U_0, după cum se va arăta în exemplul de mai jos.

Ipoteza din (3) trebuie interpretată în sensul că rezistenţele variabile R_1 şi R_2 pot fi înlocuite cu o rezistenţă constantă R_0 în serie cu o pilă avînd tensiunea constantă U_0, care se opune sensului de trecere a curentului.

Cu aceasta, ecuaţia (2) devine:

$$L \frac{di_a}{dt} + R_0 i_a = U_m \sin \omega t - U_0. \qquad (4)$$

Ţinînd seamă că valoarea iniţială şi finală a curentului prin fiecare tub este i_0, prin integrarea ecuaţiei (4) se obţine:

$$i_a = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi) + \frac{U_m}{Z} \sin \varphi \cdot \epsilon^{-R_0 \frac{\omega t}{\omega L}} - \frac{U_0}{R_0}\left[1 - \epsilon^{-R_0 \frac{\omega t}{\omega L}}\right] + i_0 \epsilon^{-R_0 \frac{\omega t}{\omega L}} \qquad (5)$$

în care:

$$Z = \sqrt{R_0^2 + \omega^2 L^2} \qquad (6)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R_0} \qquad (7)$$

$$i_0 = \frac{\frac{U_m \omega L}{Z^2}\left[1 + \epsilon^{-R_0 \frac{\pi}{\omega L}}\right] - \frac{U_0}{R_0}\left[1 - \epsilon^{-R_0 \frac{\pi}{\omega L}}\right]}{1 - \epsilon^{-R_0 \frac{\pi}{\omega L}}}. \qquad (8)$$

Curentul i_a se poate interpreta ca fiind format din următoarele componente:

$i_{af} = \frac{U_m}{Z} \sin(\omega t - \varphi)$ — componenta forţată datorită tensiunii de alimentare $U_m \sin \omega t$;

$i_{al} = \frac{U_m}{Z} \sin \varphi \cdot \epsilon^{-R_0 \frac{\omega t}{\omega L}}$ — componenta liberă asociată cu componenta i_{af};

$i' = i_0 \epsilon^{-R_0 \frac{\omega t}{\omega L}}$ — componenta datorită curentului existent în momentul comutaţiei;

$i'' = -\frac{U_0}{R_0}\left[1 - \epsilon^{-R_0 \frac{\omega t}{\omega L}}\right]$ — componenta datorită pilei de tensiune U_0.

În fig. 6 s-au reprezentat aceste componente, cum şi curentul total i_a. Fiind vorba de arce de sinusoidă sau simple exponenţiale, componentele se pot obţine grafic relativ uşor şi însumarea lor grafică duce la găsirea rezultantei i_a, mai uşor decît dacă s-ar calcula punct cu punct, folosind expresia (5).

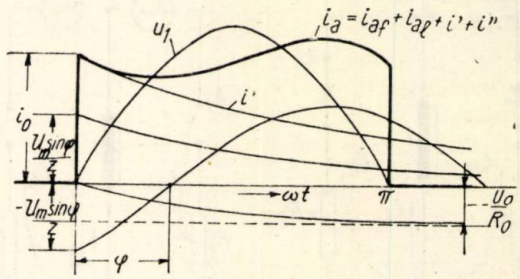


Fig. 6. Curentul redresat în circuitul din fig. 3 şi componentele sale.

În ceea ce priveşte alegerea valorii L, pentru obţinerea unei ondulaţii suficient de mici, este recomandabil să se ia [2]:

$$\frac{\omega L}{R_0} = 3 \div 4 \qquad (9)$$

în care $\omega = 2\pi.100$. Dacă la tubul oscilator utilizat rezultă un R_0 mare şi o valoare L prea mare din punct de vedere practic şi economic, se va renunţa la indicaţia dată de relaţia (9), sacrificînd în oarecare măsură condiţia de ondulaţie.

Valoarea amplitudinii U_m a tensiunii de alimentare se ia după valoarea $U_{AK_{med}}$ care s-a apreciat să se dea pulsului de tensiune din fig. 4 (*c*), conform specificaţiilor tubului sau a indicaţiilor primite din partea fabricantului tubului. Relaţia dintre U_m şi $U_{AK_{med}}$ se poate lua:

$$U_{AK_{med}} = \frac{2}{\pi} U_m. \qquad (10)$$

Astfel, dîndu-se tubul oscilator şi condiţiile sale de funcţionare în clasă C se găseşte R_0 şi U_0, apoi din relaţia (9) se deduce L, iar din relaţia (10) se deduce U_m, obţinînd deci toate elementele necesare construirii diagramei din fig. 6. Utilizarea mai departe a formei curentului i_a se va vedea în exemplul de mai jos.

Funcţionarea ca oscilator cu tensiune de alimentare variabilă

Dacă, într-o primă aproximaţie, se presupune că tensiunea de alimentare are forma din fig. 4, *b*, problema se simplifică foarte mult, pentru că în intervalul de lucru al tubului oscilator (jumătate din perioada reţelei) tensiunea de alimentare este constantă.

Se proiectează atunci oscilatorul după metodele clasice [3], [4]. Din cauză că tensiunea de alimentare $u_{AK_{max}}$ este mai mare decît E_a (tensiunea recomandată de fabricant pentru funcţio-

narea normală în oscilator clasa C nemodulat), va rezulta din această proiectare o putere utilă P_u şi o putere disipată P_d mai mari decît cele maxime admise; dar, după cum s-a arătat şi în consideraţiile anterioare, adevăratele puteri medii suportate de tub trebuie luate pe întreaga perioadă a reţelei, deci reprezintă numai jumătate din primele.

În această ipoteză de aproximaţie, se înţelege că nu ne mai interesează construcţia curentului i_a din fig. 6, care se înţelege implicit că este constant.

Pentru toate cazurile cînd tensiunea u_{AK} nu se mai poate presupune constantă, fie pentru că reactorul de netezire L lipseşte sau are o valoare mică, este necesar să se examineze cum variază funcţionarea oscilatorului cînd tensiunea de alimentare anodică variază.

Se începe prin a proiecta oscilatorul pentru tensiunea E_a recomandată de fabricant şi se determină toate elementele de circuit, care rămîn nemodificate pentru cele ce urmează. Apoi, se urmăreşte funcţionarea oscilatorului în planul $u_g - u_a$ pentru diferite valori E_a; dreapta $A-B$ în diagrama din fig. 7 se poate presupune că rămîne paralelă cu ea însăşi, ceea ce se poate demonstra uşor, admiţînd că tensiunile alternative aplicate tubului sînt sinusoidale şi că frecvenţa de oscilaţie nu se schimbă.

Se pune problema de a determina locul geometric descris de punctul A şi de punctul B în planul $u_g - u_a$, cînd E_a variază. Aceasta se poate face fie analitic*), cu anumite ipoteze simplificatoare, fie prin tatonare. O pereche de puncte $A-B$ oarecare are o poziţie corect găsită, dacă la dreapta $A-B$ respectivă corespunde o funcţionare la care se găseşte aceeaşi rezistenţă de negativare R_g şi aceeaşi impedanţă Z_0 în circuitul anodic.

În construcţia grafică din fig. 7 această condiţie a fost realizată cu o eroare mai mică de 10%.

Pentru fiecare dreaptă de funcţionare $A-B$ se face analiza armonică şi se găseşte: puterea utilă P_u, puterea disipată la anod P_{da}, fundamentala curentului anodic I_{a_1}, valoarea medie a curentului anodic I_{a_0}, fundamentala curentului de grilă I_{g_1}, valoarea medie a curentului de grilă I_{g_0}, rezistenţa echivalentă a tubului oscilînd în sarcină $R = E_a/I_{a_0}$.

Din coordonatele punctelor $A-B$ avem:

la punctul A ... $u_{g\,max}$, $u_{a\,min}$

la punctul B . . E_g, E_a

Pentru toate dreptele de funcţionare, raportul dintre fundamentala tensiunii de grilă U_{g_1} şi fundamentala tensiunii anodice U_{a_1} este constant, fiindcă rămîne constant cuplajul dintre circuitul oscilant şi circuitul de grilă. În cazul diagramei din fig. 7, acest raport are valoarea

$$\beta = \frac{U_{g_1}}{U_{a_1}} = 0{,}109$$

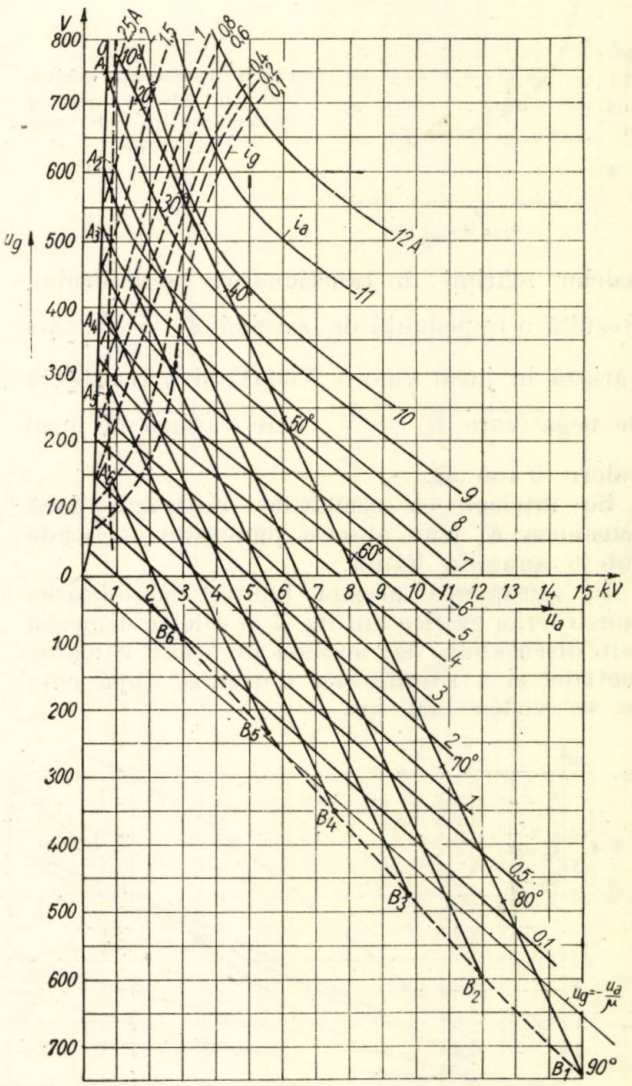


Fig. 7. Caracteristicile de curent constant ale triodei ATL 10—2 şi diverse drepte de funcţionare, ca oscilator clasă C.

Exemplu de aplicaţie

Caracteristicile de curent constant din fig. 7 corespund triodei Brown-Boveri ATL 10-2. Parametrii de funcţionare maximi admişi în funcţionare normală clasa C nemodulat sînt:

$U_{f\,max} = 12$ V	$P_{u\,max} = 23$ W
$I_f = 87$ A	$P_{g\,max} = 0{,}5$ kW
$U_{a\,max} = 12$ kV	$U_{g\,max} = 1\,500$ V
$I_{a\,max} = 2{,}5$ A	$\overline{U}_{g\,max} = 2\,000$ V
$P_{d_a\,max} = 10$ kW	$I_{g\,max} = 0{,}5$ A

*) Asupra acestei chestiuni urmează a se reveni într-un articol separat.

În porţiunea liniară a caracteristicilor, tubul are o pantă $S = 20$ mA/V şi un factor de amplificare $\mu \cong 24$.

Pentru fiecare dreaptă de sarcină s-a efectuat analiza armonică, pentru determinarea princi-

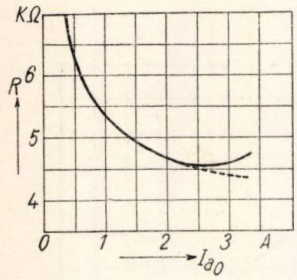


Fig. 8. Rezistenţa echivalentă a tubului oscilator prezentată în funcţiunea de redresor.

palelor mărimi în funcţionarea oscilatorului. Rezultă o impedanţă de sarcină $Z_0 = \frac{U_{a_1}}{I_{a_1}}$, care variază în jurul valorii 2 600 Ω şi o rezistenţă de negativare $R_g = \frac{E_g}{I_{g_0}}$, care variază în jurul valorii 2 400 Ω.

Se înţelege că oscilaţiile încetează, dacă tensiunea E_a (sau abscisa punctului B) scade sub o anumită limită.

În apropierea acestei limite, valabilitatea construcţiei grafice din fig. 7 şi cele ce urmează este discutabilă, dar aceasta nu scade valoarea metodei şi a rezultatelor obţinute, după cum se va vedea mai jos.

În diagramele din fig. 9 s-au dat curbele curenţilor din fig. 6, calculate pentru $U_m = 18$ kV şi $L = 35$ H şi valorile R_0 şi U_0 găsite mai sus.

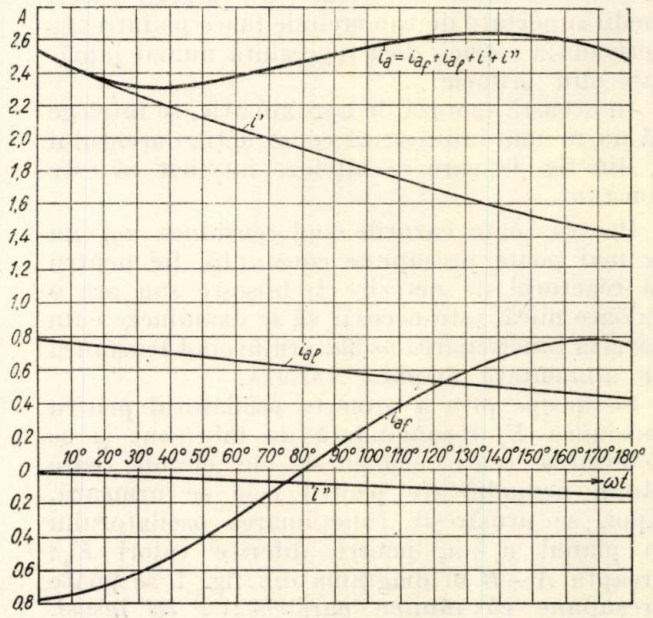


Fig. 9. Curentul redresat şi componentele sale în cazul $U_m = 18$ kV, $L = 35$ H, $R_0 = 4$ kΩ, $U_0 = 1{,}357$ kV.

Diagramele din fig. 10 cuprind rezultatele finale ale analizei grafice. În fig. 10, *a* s-a trasat

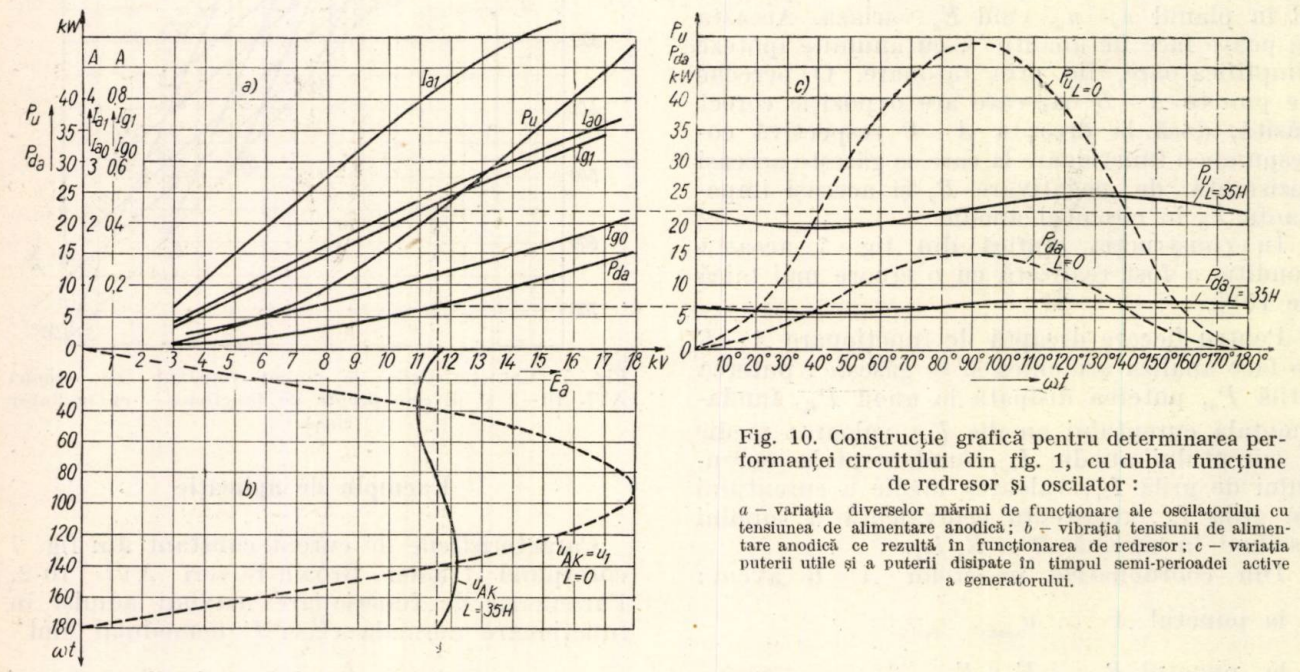


Fig. 10. Construcţie grafică pentru determinarea performanţei circuitului din fig. 1, cu dubla funcţiune de redresor şi oscilator:

a – variaţia diverselor mărimi de funcţionare ale oscilatorului cu tensiunea de alimentare anodică; *b* – vibraţia tensiunii de alimentare anodică ce rezultă în funcţionarea de redresor; *c* – variaţia puterii utile şi a puterii disipate în timpul semi-perioadei active a generatorului.

În diagrama din fig. 8 s-a trasat variaţia rezistenţei echivalente $R = \frac{E_a}{I_{a_0}}$. Pentru $I_{a_0} < 3$A, această diagramă se aproximează bine printr-o hiperbolă cu ecuaţia (3), în care $R_0 = 4\,000$ Ω şi $U_0 = 1\,357$ V.

variaţia cu E_a a mărimilor I_{a_1}, I_{a_0}, I_{g_1}, m, I_{g_0}, P_u, P_{da} obţinute din analiza armonică pe fiecare dreaptă de funcţionare a oscilatorului.

În fig. 10, *b* s-a trasat variaţia tensiunii $u_{AK} = E_a$ dedusă din funcţionarea ca redresor şi obţinută punct cu punct pentru fiecare valoare

ωt, luînd valorile i_a din fig. 9 şi calculînd tensiunea după relaţia (3) sau :

$$u_{AK} = R \cdot i_a = R_0 \cdot i_a + U_0. \qquad (11)$$

Pentru comparaţie, s-a trasat punctat curba tensiunii cînd $L = 0$.

Cunoscînd variaţia în timp a tensiunii din abscisa diagramei din fig. 10, *a*, se poate trasa variaţia în timp a diferitelor mărimi reprezentate în funcţie de $E_a = u_{AK}$.

În fig. 10, s-a trasat numai variaţia lui P_u şi P_{da}; pentru comparaţie, s-au trasat punctat curbele corespunzătoare cazului $L = 0$. Adevăratele puteri medii, adică puterile medii în raport cu perioada reţelei, se găsesc planimetrînd curbele din fig. 10, *c* şi luînd media pe 360°.

Se vede că în cazul $U_m = 18$ kV şi $L = 35$ H, puterea utilă în timpul semiperioadei de lucru variază în jurul valorii 22 kW, ceea ce face o medie de abia 11 kW pe întreaga perioadă a reţelei. Situaţia poate fi ameliorată dacă este posibil să se mărească valoarea U_m.

Avantajul diagramelor din fig. 10 este acela că ele permit să se urmărească variaţia curenţilor şi puterilor în oscilator, în timpul oscilaţiei tensiunii u_{AK} şi în particular să se cunoască valorile maxime.

Deşi valabilitatea curbelor din fig. 10, *a* este discutabilă pentru valori E_a mici, se vede că aceasta nu are importanţă pentru cazul cînd există reactorul de netezire. Cînd $L = 0$, încă erorile sînt mici, deoarece chiar dacă ordonatele curbelor din fig. 10, *c* sînt eronate la începutul şi sfîrşitul intervalului de lucru al tubului, efectul asupra mediei nu este mare.

BIBLIOGRAFIE

[1] VAZACA, CHR. : *Încălzirea prin inducţie în joasă şi înaltă frecvenţă.* Editura Academiei R.P.R., Bucureşti, 1956.

[2] *Manualul Inginerului Electrician*, vol. III, p. 244. Editura Tehnică, Bucureşti, 1956.

[3] EVTIANOV, I. S. : *Instalaţii de radioemisie.* Traducere din limba rusă. Editura Energetică de Stat, Bucureşti, 1953.

[4] ROTHE, H. şi KLEEN, W. : *Elektronenröhren als End- und Senderverstärker*, Bd. 4, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1940.

NICOLAE MARTALOGU, FLORIN TINTĂ,
MIHAI MOLEA, NICOLAE SCINTEIE*)

Un generator de impulsuri cu reacţie întîrziată şi cîteva aplicaţii în fizica nucleară**)

CZ 621.373.43 : 621.387.4

Metoda expusă aici este susceptibilă de completări şi ameliorări de detaliu, ceea ce se va arăta într-un articol viitor.

Generatorii de impulsuri cu reacţie întîrziată, o categorie relativ nouă de generatori, sînt mai puţin frecvenţi în tehnica impulsurilor dar se folosesc aproape exclusiv în aparatura modernă de fizică nucleară pentru măsurarea intervalelor de timp sub 10^{-7} s.

În cele ce urmează, după o succintă tratare a acestei clase de generatori, vom expune o variantă construită de noi, care prezintă unele avantaje faţă de schemele descrise în literatura de specialitate, cum şi unele aplicaţii, preconizate de noi aici.

Schema bloc a generatorului

Cea mai simplă schemă bloc a generatorului este cea din fig. 1. Tensiunea aplicată la intrare, U_i, este amplificată în A pînă la valoarea U_e. Prin circuitul de reacţie R, tensiunea βU_e, unde β este coeficientul de reacţie, se aplică la intrare după timpul t_0 de la apariţia semnalului la ieşire. Dacă se consideră că U_i este o sumă de oscilaţii sinusoidale, sistemul va

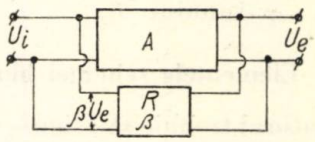


Fig. 1. Schema bloc generală.

începe să oscileze pentru acele frecvenţe pentru care se îndeplinesc condiţiile de fază şi amplitudine. Condiţia de fază este determinată de amplificator, tensiunea la ieşire putînd fi în fază sau în antifază cu cea de la intrare, de circuitul de reacţie şi de linia de întîrziere L_i. Condiţia de amplitudine este determinată de valoarea amplificării pentru frecvenţa dată, de coeficientul de reacţie şi de atenuarea pe bucla de reacţie întîrziată.

*) Conf. N. MARTOLOGU este şef de colectiv, ing. F. ŢINTĂ este şef de laborator şi ing. M. MOLEA, ing. N. SCINTEIE sînt ingineri în secţie la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

**) Comunicată în ziua de 20 ianuarie 1959 în cadrul şedinţelor de comunicări ale Institutului de Fizică Atomică.

La trecerea repetată prin amplificator şi bucla de reacţie, impulsul se va lăţi şi de aceea este necesară includerea în buclă a unui circuit de ascuţire a impulsului, în limita caracteristicii de frecvenţă, a expanderului.

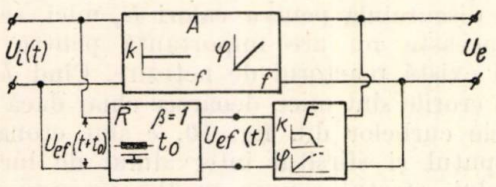


Fig. 2. Schema bloc cu $\beta = 1$.

Dacă amplificarea în A depăşeşte atenuarea în restul schemei, sistemul se poate bloca şi de aceea se introduce un circuit de control automat al amplificării, *CAA*.

Presupunînd că β, coeficientul de reacţie, este I, că banda de frecvenţă a sistemului este infinită şi că în buclă se află un filtru trece jos, a cărui caracteristică de frecvenţă este echivalentă cu a întregului sistem, schema bloc va fi cea din fig. 2. Această schemă se poate explica şi cu ajutorul circuitului convenţional din fig. 3.

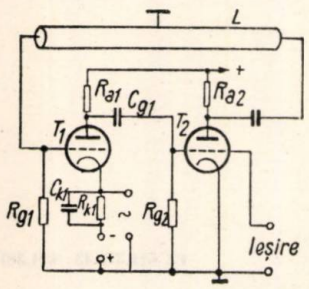


Fig. 3. Circuitul convenţional.

În acest circuit, tubul T_1 este în regim de amplificator clasă B. Tubul T_2 întoarce faza şi compensează atenuarea în buclă. Filtrul este constituit din cuplajul RC dintre etaje. Tubul T_1 joacă şi rol de expander datorită neliniarităţii caracteristicii $I_a = f(u_g)$. Sincronizarea, în limita duratei impulsului, se poate realiza în circuitul catodic al unuia dintre tuburi. *CAA* se asigură de către circuitul de negativare automată din catodul tubului T_1, tubul expandor. Linia de întîrziere este adaptată prin rezistenţa de sarcină R_{a_2}, a tubului T_2.

Elementele schemei bloc

Amplificatorul trebuie să asigure un coeficient de amplificare mai mare decît atenuarea pe buclă în banda de frecvenţe determinată de frontul şi durata impulsului. De asemenea, caracteristica de fază trebuie să fie liniară în bandă iar polaritatea impulsului la intrare aceeaşi cu a impulsului la ieşire, dacă presupunem că circuitul de reacţie nu modifică polaritatea. Vom arăta în calculul proceselor tranzitorii în buclă, care trebuie să fie banda de frecvenţe necesară pentru un front dat al impulsului.

Linia de întîrziere are rolul de a întîrzia impulsul cu $T = \frac{I}{F}$ unde F este frecvenţa de repetiţie a impulsurilor, fără a distorsiona faza sau caracteristica de frecvenţă, dacă se consideră că întîrzierea prin celelalte elemente ale buclei este neglijabilă. Cînd banda de frecvenţe a amplificatorului depăşeşte 50 MHz, realizarea liniei de întîrziere cu parametri concentraţi este dificilă şi se folosesc cabluri coaxiale care au timpul de propagare de ordinul 4—6 ns/m. De exemplu, pentru $F = 10$ MHz este necesar un cablu de aproximativ 20 m, considerînd că întîrzierea prin amplificator este de 15—20 ns. Pentru generarea impulsurilor de radiofrecvenţă se folosesc ghiduri de undă ca elemente de întîrziere.

Expanderul. La fiecare trecere a impulsului prin filtrul trece jos, frontul lui se va mări corespunzător cu banda de trecere a filtrului iar amplitudinea va scădea, astfel că după cîteva sute de perioade, impulsul va ajunge la nivelul zgomotului de fond. Expanderul, un circuit neliniar care accentuează amplitudinile mari şi atenuează pe cele mici, va aduce impulsul după fiecare circulaţie la forma iniţială, îl va „ascuţi", în limita bandei de trecere. Un circuit cu caracteristica de forma $U_{es} = U_{intr}^{\gamma}$ unde $\gamma = 1{,}5—3$ poate îndeplini funcţia de expander. În fig. 4 este ilustrat efectul de „ascuţire" a impulsului cu front liniar la trecerea printr-un circuit cu diode de tipul DGT-8.

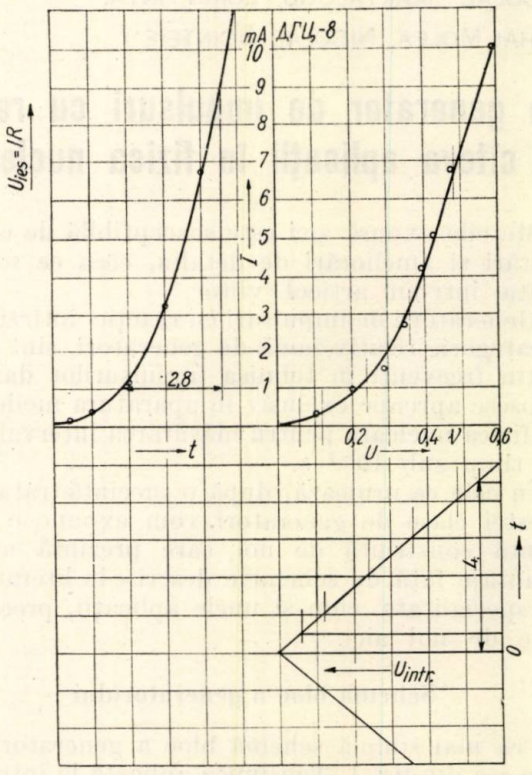


Fig. 4. Efectul de „ascuţire" în expander.

Se mai pot folosi ca expander şi partea curbă a caracteristicii $I_a = f(U_g)$, cum şi caracteristica $I_a = f(U_g)$, a curenţilor de grilă.

Controlul automat al amplificării asigură o amplitudine constantă a impulsurilor şi înlătură

posibilitatea de blocare a amplificatorului. *CAA* se realizează fie printr-un circuit *RC* de negativare automată, aşa cum este în circuitul convenţional descris mai sus, fie prin limitatori cu nivel de limitare reglabil, cu diode sau cu pentodă cu pantă mare şi capacităţi parazite mici, deci cu factor de merit bun. Circuitul de *CAA* de tip *RC* reglează automat negativarea amplificatorului deci variază panta şi prin urmare amplificarea. Constanta de timp a acestui circuit se alege astfel ca negativarea suplimentară care rămîne la grilă după trecerea impulsului să scadă mult numai la sfîrşitul perioadei de repetiţie a impulsurilor. În acest fel, amplificarea trebuie să rămînă tot timpul mai mică decît atenuarea, cu excepţia momentului cînd trece impulsul prin amplificator. Experienţele făcute de noi ne fac să credem că circuitul de *CAA* cu limitator cu diode este cel mai avantajos, cel de tip *RC* fiind mai puţin stabil, iar limitatorul cu pentodă necesită un tub special pentru impulsuri cu durata sub 10^{-8} s.

Analiza funcţionării generatorului de videoimpulsuri cu reacţie întîrziată

Vom face analiza funcţionării generatorului pentru schema bloc din fig. 5, adică vom considera că limitarea de bandă are loc numai în filtrul trece jos iar întîrzierea este dată numai de linia de întîrziere.

Dacă notăm cu $U_i(t)$ tensiunea la intrarea expanderului şi cu $U_2(t)$ tensiunea la ieşire, atunci

$$U_2(t) = U_i^{\gamma}(t) \cdot A$$

cu funcţia spectrală

$$\overline{F_2(\omega)} = A\int_{-\infty}^{+\infty} U_2(t)\, e^{-j\omega t}\, dt = A\int_{-\infty}^{+\infty} U_1^{\gamma}(t) e^{-j\omega t}\, dt$$

Dacă filtrul are coeficientul de transmisie complex $\overline{K(\omega)}$, atunci funcţia spectrală a impulsului de la ieşirea lui va fi:

$$\overline{F_3(\omega)} = \overline{K(\omega)}\,\overline{F_2(\omega)}$$

iar tensiunea

$$U_3(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \overline{F_3(\omega)} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \overline{K(\omega)}\,\overline{F_2(\omega)}\, d\omega =$$

$$= \frac{A}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \overline{K(\omega)} e^{j\omega t}\, d\omega \int_{-\infty}^{+\infty} u_1^{\gamma}(t)\, e^{-j\omega t}\, dt .$$

Presupunînd că amplficatorul are caracteristica de frecvenţă ideală şi coeficientul de amplificare K_0, atunci tensiunea la ieşirea lui va fi

$$U_4(t) = K_0 U_3(t).$$

După trecerea prin linia de întîrziere, tensiunea va fi $U_5(t) = K_0 U_3\ (t-t_i)$. Dar $U_5(t)$ trebuie să fie egală în regim staţionar cu $U_1\ (t)$, deci

$$U_1(t) = \frac{AK_0}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \overline{K(\omega)} e^{j\omega t} d\omega \int_{-\infty}^{+\infty} u_1^{\gamma}(t) e^{-j\omega t}\, dt .$$

Pentru simplificare vom folosi soluţia propusă de Cutler [1] adică vom considera că $U_1(t)$ este de formă gaussiană $U_1(t) = Ee^{-at^2}$ şi durata impulsului la nivelul 1 np din amplitudinea maximă este determinată de valoarea coeficientului a din expresia $\tau_1 = \frac{2}{\sqrt{a}}$. Înlocuind pe $U_1(t)$ în expresiile de mai sus se obţine:

$$U_2(t) = AE^{\gamma} e^{-a\gamma t^2} \text{ iar } \overline{F_2(\omega)} =$$

$$= AE^{\gamma}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-a\gamma t^2} e^{-j\omega t^2}\, dt = AE^{\gamma}\sqrt{\frac{\pi}{a\gamma}}\, e^{-\frac{\omega}{4a\gamma}} .$$

Dacă se consideră că $\overline{K(\omega)} = B e^{-b\omega^2}$ unde $\sqrt{b} = \frac{2}{\omega}$ iar $\frac{\omega_0}{2\pi}$ = frecvenţa superioară a filtrului trece jos la atenuarea de 1 np, se obţine

$$\overline{F_3(\omega)} = A\ B\ e^{\gamma}\sqrt{\frac{\pi}{a\gamma}}\, e^{-\left(b+\frac{1}{4a\gamma}\right)\omega^2}$$

iar

$$U_3(t) = \frac{ABE^{\gamma}}{2\pi}\sqrt{\frac{\pi}{a\gamma}}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\left(b+\frac{1}{4a\gamma}\right)\omega^2} e^{j\omega t}\, d\omega t =$$

$$= \frac{ABE^{\gamma}}{2\sqrt{1+ab\gamma}}\, e^{-\frac{a\gamma t^2}{1+4ab\gamma}} .$$

După trecerea prin amplificator şi linia de întîrziere, tensiunea va fi

$$U_5(t) = \frac{ABE^{\gamma}K_0}{2\sqrt{1+ab\gamma}}\, e^{-\frac{a\gamma(t-t_i)^2}{1+4cb\gamma}}$$

şi trebuie să fie egală cu $U_1(t)$. Rezultă atunci că

$$\frac{ABK_0E^{\gamma}}{2\sqrt{1+ab\gamma}}\, e^{-\frac{a\gamma t^2}{1+ab\gamma}} = Ee^{-at^2}.$$

Înlocuind în ultima expresie coeficienţii a şi b în funcţie de durata impulsului şi banda de trecere a filtrului, obţinem

$$\frac{ABK_0E^{\gamma}}{2\sqrt{1+\frac{4\gamma}{\omega_0^2\tau_i^2}}}\, e^{-\frac{4\gamma t^2}{\tau_i^2+\frac{16\gamma}{\omega_0^2}}} = Ee^{-\frac{4t^2}{\tau_i^2}} .$$

Logaritmînd această ecuaţie şi egalînd coeficienţii termenilor cu t^2, obţinem : $\tau_i = \frac{4}{\omega_0}\sqrt{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$.

Dacă $\gamma = 2$, atunci $\tau_i \approx \frac{0{,}9}{f_0}$ este durata impulsului la nivelul 1 np, iar timpul de creştere de la nivelul 0,1 la nivelul 0,9 din amplitudinea maximă va fi $\tau_f \cong \frac{0{,}535}{f_0}$.

Perioada de repetiţie a impulsurilor va fi inversul întîrzierii în buclă sau, mai exact $T = -\frac{d\varphi}{d\omega}\Big|_{\omega=0}$ unde $\varphi(\omega)$ este caracteristica de fază a sistemului, care este rezultanta caracteristicilor de fază ale liniei de întîrziere, filtrului şi expanderului, considerînd că amplificatorul are caracteristica de fază liniară.

Schema experimentată

În generatorii de impulsuri cu reacţie întîrziată descrişi în literatură [2],[3] se folosesc pentru circuitul de amplificare tuburi cu emisie secundară, în special tubul EFP-60, ca expandor dioda formată de catod şi grila de comandă, *CAA* se realizează printr-un circuit *RC* de negativare automată iar ca linie de întîrziere se folosesc cabluri coaxiale. Constructiv, aceşti generatori sînt relativ simpli dar funcţionarea lor nu este suficient de stabilă. După pornire, pînă la intrarea în regim normal de lucru, variază frecvenţa de repetiţie a impulsurilor. De asemenea, după funcţionare îndelungată, frecvenţa de repetiţie nu mai este constantă. Această instabilitate se datoreşte „obosirii" dinodei, variaţiei coeficientului de emisie secundară. Deşi tuburile cu emisie secundară au factor de merit mare, totuşi amplificarea nu mai poate depăşi atenuarea în buclă atunci cînd frecvenţa de repetiţie a impulsurilor este mică, deci linia de întîrziere mare şi atenuarea pe linie la frecvenţe peste 150 MHz este mai mare decît amplificarea.

Generatorul experimentat de noi are schema bloc din fig. 5. Compensarea atenuării în buclă s-a făcut cu amplificator cu parametrii distribuiţi, cu negativare constantă şi cu banda de trecere de 200 MHz. Amplificarea maximă este 100 şi se poate varia în trepte cu un atenuator de bandă largă. Ţinînd seamă de expresia pentru durata impulsului dată mai sus trebuia să obţinem $\tau_i = \frac{0{,}9}{f_0} = 4{,}5$ ns. Spre deosebire de amplificatorul cu tub cu emisie secundară, amplificatorul cu parametri distribuiţi, deşi este mai puţin economic, poate avea amplificarea variabilă în limite largi pentru banda de trecere pînă la circa 400 de MHz şi, dacă nu se folosesc tuburi cu parametri instalabili, asigură o frecvenţă de repetiţie a impulsurilor mai constantă, după intrarea în regimul termic de lucru.

Pentru a înlătura influenţa variaţiei parametrilor amplificatorului asupra perioadei, este bine ca să avem o rezervă de amplificare de 10% iar circuitele *CAA* şi expander să fie separate. De aceea, noi am folosit un limitator sus şi jos cu diode şi cu constante de timp mici

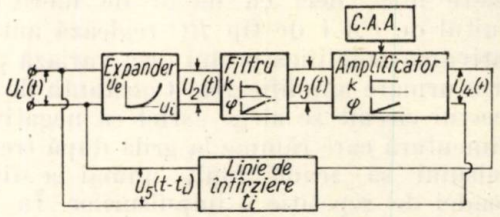


Fig. 5. Schema bloc idealizată.

care are şi o caracteristică neliniară. O diodă folosită în regim de conducţie ca rezistenţă de adaptare completează insuficienţa neliniarităţii limitatorului, dacă este necesar un $\gamma > 2$.

Ca linie de întîrziere, am folosit cablul coaxial PK-50. S-a dat o deosebită atenţie adaptării cablului coaxial, pentru a înlătura apariţia impulsurilor reflectate care deformează impulsul util.

Cu schema experimentată din fig. 6 am obţinut impulsuri cu următorii parametri :

Durata impulsului la nivelul 0,1 din amplitudinea maximă : $\tau_i = 4.10^{-9}$ s, ceea ce arată că rezultatele experimentale se apropie de cele calculate.

Perioada de repetiţie : $T = 1\,120$ ns pentru 1 050 ns întîrziere prin 210 m cablu coaxial PK-50, 70 ns întîrziere prin amplificator.

Nivelul la ieşire : $U = 1{,}5$ V.

Datele de mai sus au fost obţinute lucrînd cu generatorul în regim de autooscilaţie. O deosebită importanţă prezintă funcţionarea generatorului comandat, atît la pornire cît şi la

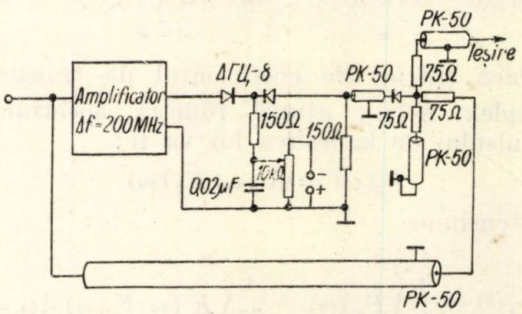


Fig. 6. Schema experimentală.

oprire, numit uneori şi circuit de memorie rapidă. Impulsul de comandă porneşte generatorul şi circulă prin buclă pînă se dă comanda de transmitere în alt circuit cu sau fără scoaterea lui din circulaţie. În acest caz tuburile amplificatorului se negativează la tensiunea de tăiere pentru a nu intra în autooscilaţie şi amplificatorul va fi deschis numai cînd la intrarea lui se aplică impulsul de comandă sau

impulsul memorat. În acest regim se foloseşte curbura caracteristicii $I_a = f(U_g)$ ca expandor. Oprirea generatorului sau ştergerea memoriei se face aplicînd la intrarea amplificatorului un impuls negativ cu amplitudinea mai mare ca a impulsului de pornire şi durata cel puţin egală cu perioada de repetiţie, asigurîndu-ne în acest fel că într-o perioadă va exista o situaţie cînd impulsul memorat aplicat la intrare nu va putea să deschidă amplificatorul, şi va fi şters din memorie.

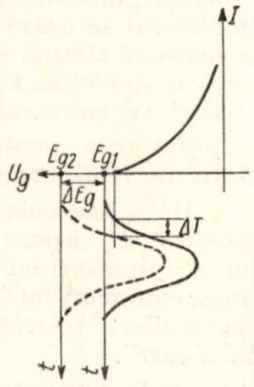


Fig. 7. Variaţia perioadei → cu negativarea.

Sincronizarea generatorului se poate face în limite mici cu o tensiune sinusoidală, aplicată la grilă. Perioada se poate varia mărind sau micşorînd negativarea, deci modificînd timpul de deschidere a amplificatorului. Astfel, cînd negativarea este egală cu tensiunea de tăiere, perioada este minimă, iar pentru negativări mai mari amplificatorul se deschide mai tîrziu cu Δt, unde Δt este timpul de creştere a amplitudinii impulsului de la zero la ΔE, variaţia negativării, aşa cum se poate vedea în fig. 7.

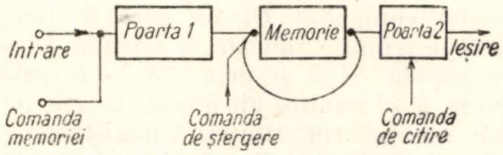


Fig. 8. Schema bloc a memoriei rapide.

Schema bloc a circuitului de memorie rapidă în care se foloseşte generatorul de impulsuri cu reacţie întîrziată, comandat, este cea din fig. 8. Comanda de trecere a impulsului în memorie se dă la circuitul poartă P_1. Citirea se poate face comandînd deschiderea porţii P_2. Ştergerea memoriei se face aşa cum s-a arătat mai sus.

Aplicaţiile circuitului de memorie rapidă

1. *Mărirea coeficientului de amortizare al unui tren de oscilaţii sinusoidale este dificilă la frecvenţe peste 50 MHz.* Dacă se trece acest tren de oscilaţii de multe ori printr-un expander, compensînd atenuarea, şi se limitează jos forma de undă obţinută, se poate separa chiar numai o singură semisinusoidă, aşa cum se vede în fig. 9.

Se poate înlocui trecerea trenului de oscilaţii consecutiv prin expander şi amplificator cu circularea lui printr-o buclă de memorie rapidă în care neliniaritatea expanderului să fie foarte pronunţată. Dacă n este numărul de reciclări şi t perioada de reciclare, atunci nt trebuie să fie mai mic decît perioada de repetiţie a trenurilor de oscilaţii. Impulsul care produce trenul de oscilaţii prin excitarea unui circuit oscilant

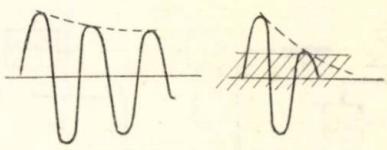


Fig. 9. Limitarea unei semisinusoide.

întîrziat cu nt, va deschide o poartă care permite trecerea formei de undă obţinută în circuitul de limitare care este şi circuit de ieşire (fig. 10).

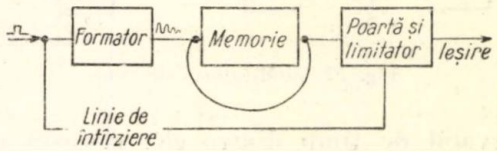


Fig. 10. Schema separatorului semisinusoidei.

2. *Divizor de frecvenţă rapid pentru impulsuri cu perioada de repetiţie sub* 10^{-7} s. Realizarea acestor divizori cu circuite trigher este foarte dificilă. Dacă frecvenţa de repetiţie a impulsurilor este stabilă se pot construi divizori cu raportul de divizare 2—10 folosind schema bloc din fig. 11. La intrarea circuitului de reciclare se aplică impulsuri cu perioada de repetiţie egală cu perioada de reciclare. Primul impuls, după ce parcurge bucla, va ajunge la intrare o dată cu al doilea impuls şi în fază cu acesta, deci se vor însuma. După n ciclări, impulsul rezultant va avea amplitudinea suficient de mare ca să basculeze discriminatorul lent D care va deschide poarta rapidă P prin care va trece al n-lea impuls. Linia de întîrziere L va compensa timpul de basculare al discriminatorului.

Folosind acelaşi principiu de însumare a impulsurilor prin reciclare este posibilă şi amplificarea impulsurilor scurte. Pentru aceasta se

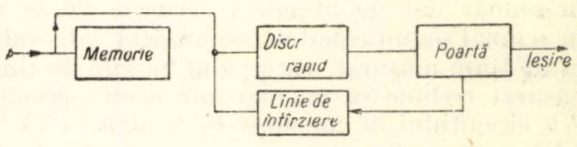


Fig. 11. Schema bloc a divizorului de frecvenţă.

formează dintr-un impuls un tren de impulsuri şi apoi se face divizarea lor, aşa cum s-a arătat mai sus. Este avantajos acest mod de amplificare atunci cînd produsul amplificării pe cele două bucle de ciclare este mai mic decît numărul de ciclări.

3. *Analizorul de timp.* Fie două fenomene fizice care se petrec la intervale mici şi variabile de timp cu perioadă statistică de repetiţie mare. Ne interesează adesea caracteristica-număr de perechi de evenimente în funcţie de

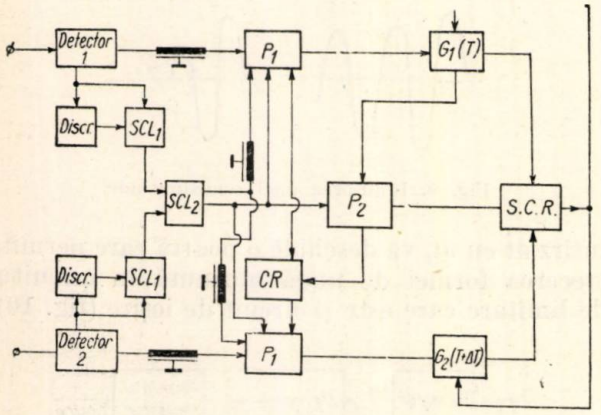


Fig. 12. Analizatorul de timp.

intervalul de timp dintre ele. Această curbă se poate ridica folosind analizorul de timp al cărui bloc schemă este dată în fig. 12. Impulsul de la detector selectat după amplitudine de discriminatorul D şi schema de coincidenţă lentă SCL_1 se aplică la SCL_2. Dacă intervalul de timp dintre impulsurile date de detectorii D_1 şi D_2 este mai mic decît rezoluţia de timp a SCL_2 aceasta va deschide porţile P iar după trecerea impulsurilor le va închide. Impulsurile de la D_1 şi D_2 trec în circuitele de memorie G_1 şi G_2. SCL_2 deschide poarta serie P_2 prin care trec impulsurile de la G_1 la circuitul de înregistrare CR. Tot timpul cît durează înregistrarea, porţile P sînt închise cu un impuls de la CR.

G_1 ciclează impulsul primit cu perioada T, iar G_2 cu perioada $T + \Delta T$. După un număr de ciclări, proporţional cu intervalul de timp dintre cele două evenimente, impulsurile de la G_1 şi G_2 vor coincide. Schema de coincidenţă rapidă SCR va înregistra această coincidenţă şi va comanda închiderea porţii serie P_2 şi va opri pe G_1 şi G_2. În această poziţie analizorul este pregătit pentru o nouă analiză. Schema de înregistrare CR multicanală va înregistra pentru un număr dat de impulsuri primite de la G_1 un semnal pe un canal corespunzător intervalului de timp măsurat. Intervalul maxim de timp măsurat trebuie să fie mai mic decît perioada T a circuitului de memorie G_1 pentru ca să fie indiferentă ordinea în care vin impulsurile de la D_1 şi D_2, măsurînd numai intervalul de timp dintre ele.

4. *Spectrometru pentru particule rapide*, pe bază de timp de zbor, de exemplu neutroni rapizi obţinuţi din reacţii nucleare de tip (p, n) cu fasciculul de protoni de la ciclotron. Spectrometrul pe care îl propunem este de tip vernier şi foloseşte tehnica timpului de zbor. Fasciculul de protoni constituit din „pachete" de particule accelerate care se succed cu frecvenţa de repetiţie de aproximativ 10 MHz eliberează, la ciocnirea cu diferite ţinte, neutroni de diferite energii. Se consideră că neutronii sînt eliberaţi „instantaneu" la bombardarea ţintei. Detectorul se aşază la cîţiva metri de ţintă şi se măsoară timpul de zbor al neutronilor de la ţintă la detector. Cunoscînd timpul de zbor şi „baza" se calculează energia particulelor.

Impulsurile pentru vernierul de timp se obţin în felul următor:

— De la fasciculul de protoni se obţin, cu un detector D_2 aşezat în imediata apropiere a ţintei, impulsuri cu perioada T cu un avans de timp cunoscut faţă de timpul de eliberare a neutronilor. Acestea sînt considerate impulsuri de „start".

— De la detectorul D_1 aşezat la extremitatea „bazei" de zbor, se obţin impulsuri, la diferite intervale de timp faţă de cele de „start". Acestea trec în circuitul de memorie unde sînt reciclate cu perioada $T - \Delta T$.

În fig. 13 se dă schema bloc a spectrometrului.

Dacă impulsul de la D_1 depăşeşte nivelul de discriminare al discriminatorului Ds, schema de coincidenţă lentă SCL comandă poarta rapidă PR şi poarta serie PS. Impulsul de analizat, după ce trece prin PR, se aplică la intrarea generatorului cu reacţie întîrziată (circuitul de memorie) comandat G, pe care îl porneşte. De la G se trimit impulsuri la schema de coincidenţă rapidă SCR şi prin PS la înregistrare R. De la R se trimite un impuls la PR pe care o ţine închisă tot timpul înregistrării. Cînd impulsurile de la G şi D_2 coincid, SCR comandă oprirea G, închiderea PS şi sfîrşitul înregistrării în R. În această poziţie aparatul este pregătit

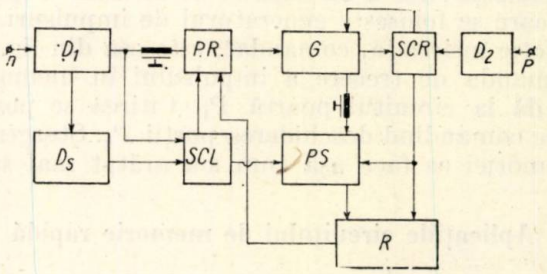


Fig. 13. Schema bloc a spectrometrului.

pentru o nouă înregistrare. Circuitul de înregistrare are aceleaşi funcţii ca şi cel din analizorul de timp.

Notînd cu k raportul vernierului şi cu t instabilitatea perioadei generatorului de IF, eroarea maximă cu care se măsoară intervalele de timp va fi $(k-1)t$. În cazul generatorului de IF al ciclotronului nostru, variaţia frecvenţei este de 400 Hz deci $t = 4.10^{-12}$s. Atunci $(k-1)t$

$= 0{,}4.10^{-9}$ s, adică eroarea cu care se măsoară timpul de zbor este sub 1%.

În comparație cu spectrometrul de tip vernier descris de Kurașov și alții [4], care folosesc în circuitul de memorie rapidă tubul EPF-60 schema propusă de noi este mai simplă și credem că este și mai stabilă în ce privește circuitul de memorie. Experimentarea va permite stabilirea definitivă a performanțelor acestei propuneri.

Mulțumim tovarășului inginer DUMITRESCU RADU pentru ajutorul dat la măsurătorile de timp.

BIBLIOGRAFIE

[1] CUTLER, C.C.: *The regenerative pulse generator.* Proc. Inst. radio Eeng., 43 (1955), 140–148.
[2] GLEBOVICI, G.B., MORUGHIN, L.A.: *Formirovanie impulsov nanosecundnoi dlitelnosti*, Sovestskoe Radio, Moscova, 1958.
[3] BAY, Z., GRISAMORE, T.N.: *Pulse generator and high-speed memory circuit.*
[4] KURAȘOV, A.A., LVNIEV, A.F., RIBAKOV B.V., SIDOROV V.A.: Atomnaia energhia, 5 (1958), 135.

MIOARA CĂLUȘIȚĂ *)

Proiectarea și construirea unui stabilizator ferorezonant

CZ 621.316.722.1 : 621.3.013.1

Stabilizarea tensiunii de alimentare este necesară la numeroase aparate. În cazurile cînd este suficientă o stabilizare a tensiunii alternative care să asigure la ieșire variații de $\pm 1{,}5\%$ la variații ale tensiunii de rețea de $\pm 20\%$ și nu este necesară o formă de undă sinusoidală, este indicată utilizarea stabilizatoarelor ferorezonante. Acestea sînt ieftine și sigure în funcționare. În aprecierea costului și a gabaritului trebuie să ținem seama că în aproape toate cazurile stabilizatorul ferorezonant înlocuiește și transformatorul de alimentare de la rețea al aparatului.

În articolul de față se înfățișează stabilizatorul ferorezonant paralel tip Friedländer și se indică o metodă de proiectare a unui astfel de stabilizator construit din tole de fabricație curentă.

Principiul stabilizatoarelor ferorezonante acordate paralel.

Principiul stabilizării ferorezonante este ilustrat în fig. 1 și 2. Tensiunea de rețea U_1 se aplică la bornele a două transformatoare conectate în serie. La tensiunea de alimentare nominală, transformatorul T_B este saturat iar transformatorul T_C (construit de obicei cu întrefier) este liniar. Cînd tensiunea U_1 variază, tensiunea U_2 dată de transformatorul saturat variază foarte puțin, variațiile fiind preluate în mare parte de transformatorul liniar T_C.

Acordînd pe frecvența fundamentală transformatorul T_B, curentul prin această înfășurare crește de Q ori față de curentul care parcurge înfășurarea transformatorului T_C, Q fiind factorul de calitate al circuitului acordat. (Capacitatea C poate fi montată și pe una din înfășurările secundare ale transformatorului, saturat T_B, efectul ei rămînînd același).

Prin acordarea transformatorului saturat pe frecvența fundamentală, scade puterea reactivă luată de la rețea, se îmbunătățește forma de undă, crește raportul dintre tensiunea la bornele transformatorului T_B și aceea la bornele lui T_C de aproape Q ori, dar apar și erori de frecvență.

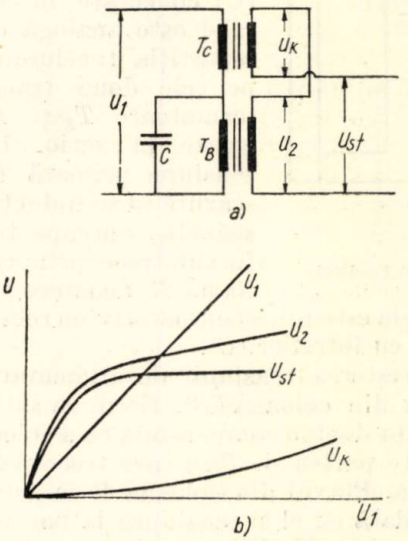


Fig. 1. Transformator ferorezonant acordat paralel, cu tensiunea de compensare obținută de la transformatorul liniar.
a – schema de principiu; *b* – caracteristica stabilizatorului

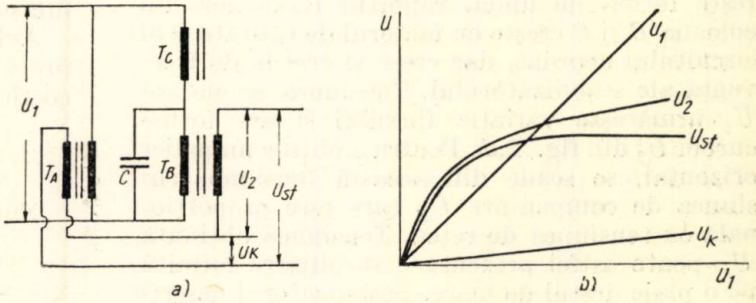


Fig. 2. Transformator ferorezonant acordat paralel, cu tensiunea de compensare obținută direct de la rețea:
a – schema de principiu; *b* – caracteristica stabilizatorului.

Pentru a îmbunătăți stabilizarea se poate scădea din tensiunea secundară U_2 o tensiune de compensare U_K. Aceasta poate fi luată fie

*) Ing. M. CĂLUȘIȚĂ este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

de la transformatorul T_C (fig. 1) fie de la transformatorul T_A conectat direct pe reţea (fig. 2).

Cea de a doua metodă asigură distorsiuni mai mici şi reglare mai uşoară. În adevăr tensiunea la bornele transformatorului saturat este distorsionată cuprinzînd armonice impare. Întrucît tensiunea de reţea nu conţine armonice, la bornele transformatorului T_C se regăsesc aceleaşi armonice cu semn contrar. În tensiunea stabilizată armonicele tensiunii de compensare U_K se adună cu ale tensiunii secundare U_2. Ţinînd seama că factorul de distorsiuni poate ajunge la 30% se vede că aceasta poate îngreuna compensarea.

Descrierea stabilizatorului Friedländer

Stabilizatorul tip Friedländer se construieşte pe tole cu trei coloane aşa cum se arată în fig. 3. Înfăşurarea primară se bobinează pe coloana centrală (A) la fel ca la orice transformator de reţea. Înfăşurarea secundară se bobinează pe una din coloanele laterale (B). Cealaltă coloană laterală (C) se asamblează cu întrefier.

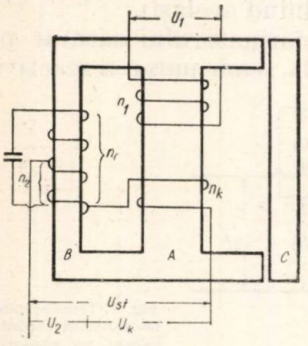


Fig. 3. Stabilizatorul Friedländer

Repartiţia fluxului primar între cele 2 coloane de fier (B) şi (C) conectate în paralel este analogă cu repartiţia tensiunilor pe cele două transformatoare T_B şi T_C legate în serie. La tensiune primară U_1 scăzută (deci inducţie scăzută) aproape tot fluxul trece prin coloana B, deoarece reluctanţa acesteia este mică comparativ cu reluctanţa coloanei cu întrefier (C).

Odată cu creşterea tensiunii de alimentare, creşte inducţia din coloana (B), fierul se saturează, reluctanţa devine comparabilă cu a coloanei (C) şi creşte partea de flux care trece prin această coloană. Fluxul din coloana B se „stabilizează" şi odată cu el şi tensiunea la bornele înfăşurării secundare U_2. Prin acordarea pe frecvenţa fundamentală a unei părţi din înfăşurarea secundară, ca şi în cazul precedent, scade puterea reactivă luată de la reţea, se îmbunătăţeşte forma de undă, raportul fluxurilor din coloana B şi C creşte cu factorul de calitate Q al circuitului acordat, dar cresc şi erorile de frecvenţă ale stabilizatorului. Tensiunea secundară U_2 urmăreşte variaţia fluxului şi are forma curbei U_2 din fig. 2, b. Pentru a obţine un palier orizontal, se scade din această tensiune tensiunea de compensare U_K care este proporţională cu tensiunea de reţea. Tensiunea obţinută U_{st} poate astfel prezenta o stabilizare infinită pe o plaje destul de mare. Stabilizatorul descris prezintă următoarele avantaje :

1. Construcţie simplă şi compactă.

2. Primarul, funcţionînd la fel ca primarul unui transformator de reţea, poate fi prevăzută posibilitatea comutării comode a tensiunii de alimentare pe 110 V sau 220 V. Datorită acestui fapt, gama în care trebuie realizată stabilizarea este mică, reglarea se poate face mai precis şi randamentul este mai bun. Dacă sînt necesare şi tensiuni care nu trebuie stabilizate înfăşurările respective pot fi bobinate pe coloana centrală peste înfăşurarea primară.

3. Stabilizatorul de tipul considerat se reglează uşor, înfăşurarea de compensare fiind bobinată pe coloana centrală şi nu pe şuntul magnetic (C), tensiunea de compensare nu conţine armonice şi valoarea ei nu variază cu lungimea întrefierului.

În literatură se indică pentru construirea acestui stabilizator o tolă de formă specială [1,2] care are secţiunea coloanei (B) de 0,582 din secţiunea coloanei centrale, şi secţiunea şuntului magnetic (C) de 0,4 din secţiunea coloanei centrale. Întrucît aceste tole nu se produc la noi şi în cele mai multe cazuri cînd trebuie construite stabilizatoare ferorezonante nu se justifică realizarea unei matriţe speciale, la ICET s-a încercat construirea stabilizatoarelor pe tole în manta de fabricaţie curentă.

S-au modificat formulele cunoscute urmărindu-se ca la înfăşurarea secundară să se obţină aceeaşi secţiune de fier ca în cazul tolelor recomandate în literatură şi s-a văzut că astfel se obţine o funcţionare sigură, fără o încălzire excesivă în regim de funcţionare neîntreruptă ; plaja de stabilizare este suficient de largă şi randamentul satisfăcător.

Proiectarea stabilizatorului

Din condiţiile ca la tensiunea nominală de alimentare inducţia în înfăşurarea secundară să aibă o valoare convenabilă şi făcînd corecţiile impuse de observaţiile experimentale se obţin formulele (1) şi (2).

$$e_1 = 0{,}035 \sqrt{P} \qquad (1)$$

$$S_{Fe} = 40\ e_1 \qquad (2)$$

unde e_1 este tensiunea pe spiră din înfăşurarea primară exprimată în volţi/spiră, P este puterea activă necesară în secundar exprimată în waţi, S_{Fe} este secţiunea netă în cm² a fierului în înfăşurarea primară (coloana centrală).

Avînd în vedere că tolele se asamblează mai prost ca la transformatorii obişnuiţi, se ia un coeficient de umplere de 0,85.

$$S_{brut} = \frac{S_{Fe}}{0{,}85}. \qquad (3)$$

Numărul de spire din înfăşurarea primară

$$n_1 = \frac{U_1}{e_1}, \qquad (4)$$

Numărul de spire din înfăşurarea secundară este

$$n_2 = K \frac{U_{st}}{e_1} \qquad (5)$$

unde U_{st} este tensiunea stabilizată necesară, iar K este un coeficient empiric care ţine seama

de repartiția fluxului prin înfășurări, de scăpări, de rezistența ohmică a înfășurărilor și de valoarea tensiunii de compensare. K = 1,43. . .1,60; valorile mici corespund la stabilizatoarele de putere mare (circa 200 W), iar cele

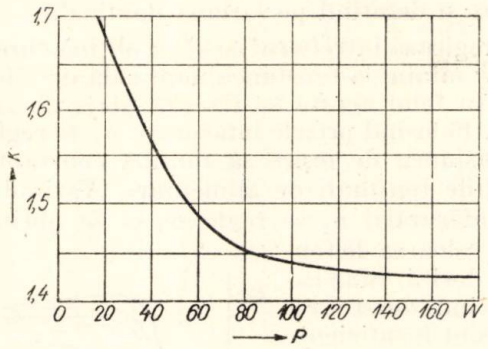


Fig. 4. Curba de variație a coeficientului K funcție de puterea stabilizatorului.

mari la stabilizatoarele de putere mică (10...20W) care prezintă scăpări mari (fig. 4) [1]. Numărul spirelor înfășurării de compensare [1, 2, 3].

$$n_K = 0,\ 15\ n_2 \qquad (6)$$

Apreciind puterea reactivă preluată de capacitate ca fiind de circa 3,14 ori mai mare decît puterea activă în sarcină, capacitatea de acord C în μF este dată de formula

$$C = \frac{P}{U_c^2}\ 10^4 \qquad (7)$$

unde U_c este tensiunea la bornele capacității.

Numărul de spire al înfășurării care se acordează capacitiv

$$n_c = \frac{1,15}{e_1}\ U_c. \qquad (8)$$

Pentru siguranță se alege o capacitate cu tensiunea de lucru 2 U_c [2].

Curenții se calculează cu formule empirice [1]. Curentul primar

$$I_1 = \frac{2P}{U_1}. \qquad (9)$$

Curentul în înfășurarea acordată U_c

$$I_c = 1,5\ \frac{P}{U_c}. \qquad (10)$$

Curentul în înfășurarea secundară

$$I_2 = \frac{P}{U_{st}}. \qquad (11)$$

Dacă înfășurarea secundară este parcursă și de curentul de rezonanță

$$I_2 = \sqrt{I_c^2 + \left(\frac{P}{U_{st}}\right)^2}. \qquad (11')$$

In cazul cînd sînt mai multe înfășurări secundare, capacitatea de acord se montează pe una din înfășurări sau pe o înfășurare aparte. Tensiunile secundare se compensează fiecare în parte. Fiecare înfășurare secundară este parcursă de curentul de sarcină respectiv.

Se alege secțiunea sîrmei luînd o densitate de curent de 1,8. . .2,5 A/mm², după condițiile de răcire care sînt mai grele decît la transformatorii obișnuiți, deoarece pierderile în fier sînt mai mari.

Se alege o tolă de tipul celei din fig. 5. Se calculează grosimea pachetului de tole și se verifică umplerea ferestrei ca la orice transformator.

S-a constatat că formulele propuse conduc la construcții convenabile în special cînd se folosesc tolele care au 1,5 $a \leqslant b \leqslant 2a$. (fig.5). Pentru a putea fi lamelate tolele în manta necrestate sau tolele dublu E se taie după dreptele MN și OP, așa cum se indică în fig. 5.

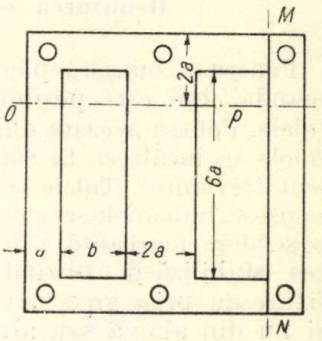


Fig. 5. Tola stabilizatorului.

Exemplu:

1. Să se proiecteze un stabilizator ferorezonant de 80 W. Tensiunea secundară stabilizată să fie de 220 V, iar tensiunea primară de alimentare 110 V sau 220 V. S-a ales schema din fig. 3.

Aplicînd formulele de mai sus

$$e_1 = 0,035\sqrt{80} = 0,313\ \text{V/spiră}$$

$$S_{Fe} = 40 \times 0,313 = 12,52\ \text{cm}^2$$

$$S_{brut} = \frac{12,52}{0,85} = 14,8\ \text{cm}^2.$$

Alimentarea se va face folosind două înfășurări de 110 V care se vor lega în paralel cînd stabilizatorul se alimentează la 110 sau 120 V și în serie cînd se alimentează la 220 V sau 208 V.

$$n_1 = \frac{110}{0,313} = 350\ \text{spire}.$$

$$n_2 = 1,45\ \frac{220}{0,313} = 1020\ \text{spire}$$

$$n_K = 0,15 \times 1020 = 153\ \text{spire}.$$

Se alege de exemplu o capacitate cu tensiune de lucru 1000 V. Pentru siguranță se lucrează la o tensiune

$$U_c = \frac{1000}{2} = 500\ \text{V}.$$

[1]) Curba K este trasată informativ după observații experimentale

[2]) Pentru micșorarea factorului de distorsiuni se poate utiliza în locul condensatorului de acord un circuit serie LC la rezonanță serie pentru armonica a treia a rețelei și care să se prezinte pentru frecvența tensiunii rețelei ca o capacitate egală cu cea calculată. În acest caz, la alegerea capacității, trebuie să se țină seama de supratensiunile ce apar la bornele capacității în circuitele acordate serie (3).

Imbunătățirea formei de undă se poate obține și scăzînd inducția. Aceasta se realizează proiectînd stabilizatorul la o putere mai mare decît cea reală (se lărgește astfel plaja de stabilizare prin îmbunătățirea Q-ului) și alegînd un număr de spire, mai mare decît se obține din calcul, pentru înfășurarea primară (se scade astfel inducția și banda de stabilizare).

Din formula (7) prin încercări se alege $C = 4$ μF.

$$U_c = \sqrt{\frac{P}{C}}\, 10^2 = \sqrt{\frac{80}{4}}\, 10^2 = 450 \text{ V} < 500 \text{ V},$$ cît s-a propus.

Din formula (8)

$$n_c = 1650 \text{ spire.} \quad I_1 = 1{,}45 \text{ A.} \quad I_c = 0{,}27 \text{ A.}$$

Întrucît înfăşurarea secundară este parcursă şi de curentul care trece prin capacitatea de acord.

$$I_2 = \sqrt{0{,}27^2 + \left(\frac{80}{220}\right)^2} = 0{,}454 \text{ A}$$

Din tabele sau prin calcul s-au ales diametrele conductorilor presupunînd densitatea de curent 2 A/mm². S-au ales tole tip ICET mărimea 2 care au lăţimea jugului 14 mm, lăţimea coloanei centrale 28 mm şi suprafaţa ferestrei 28 × 84 mm². Stabilizatorul a fost realizat la ICET şi valorile calculate s-au verificat experimental.

Realizarea constructivă

Pentru a micşora pierderile în fier se recomandă cînd este posibil să se trateze termic tolele. Pentru aceasta după ştanţare şi grăduire tolele se încălzesc la 800°C şi se răcesc foarte lent (revenire). Tolele şi piesele de prindere se vopsesc, buloanele se izolează de tole. S-a obţinut o scădere marcantă a încălzirii fără înrăutăţirea stabilizării utilizînd piese de strîngere şi fixare nu prea groase, confecţionate din oţel şi nu din alamă sau aluminiu cum se obişnuieşte.

Piesele de strîngere şi fixare trebuie să fie construite astfel încît să asigure asamblarea tolelor fără întrefier în coloanele A şi B, posibilitatea reglării întrefierului la asamblarea şuntului magnetic C şi o presare bună a tolelor astfel încît să nu zbîrnîie.

Întrucît proiectarea asigură o precizie de ±10% se recomandă ca înfăşurările să fie prevăzute cu prize de reglaj. Acestea să fie dispuse şi marcate în aşa fel încît să poată fi uşor identificate. Terminalele trebuie aduse la o regletă de borne care merită atenţie în proiectare mai ales la stabilizatoarele cu mai multe înfăşurări secundare.

Condensatorul trebuie montat în poziţia lui normală de funcţionare şi ferit de încălzire indirectă de la transformatorul stabilizatorului sau de la altă piesă din montaj.

Reglarea stabilizatorului

Prin reglare se urmăreşte să se ajusteze la valoarea dorită următorii 3 parametri ai stabilizatorului : plaja de stabilizare adică valorile tensiunii de alimentare pentru care tensiunea de ieşire este stabilizată, stabilizarea adică variaţiile tensiunii de ieşire în plaja de stabilizare şi valoarea tensiunii de ieşire.

Stabilizatorul se reglează cu piesele de strîngere montate, dacă lucrează ecranat cu ecranul montat şi debitînd pe sarcina nominală.

Se reglează întrefierul ca să se obţină curentul primar minim la tensiunea nominală de alimentare. În felul acesta se fixează plaja de stabilizare. Folosind prizele înfăşurării n_K se reglează ca tensiunea de ieşire să rămînă constantă la variaţiile tensiunii de alimentare. Variind prizele înfăşurării n_2 se reglează să se obţină la ieşire valoarea de tensiune dorită. Sînt cazuri cînd aceste reglaje sînt insuficiente sau incomode. În acest caz se pot varia şi valoarea capacităţii, a numărului de spire n_c, sau a numărului de tole. Dacă s-a construit şi reglat primul stabilizator, folosind aceeaşi calitate de tole şi capacităţi de aceeaşi valoare se poate conta că valorile tensiunilor diferă de la un exemplar la altul cu numai ± 5% şi se poate micşora numărul prizelor de reglaj. În cazul transformatorilor cu mai multe înfăşurări secundare care se compensează fiecare în parte se poate renunţa la prizele de pe înfăşurările n_2 şi n_K şi regla stabilizatorul numai variind întrefierul şi valoarea capacităţii sau numărul de spire n_c.

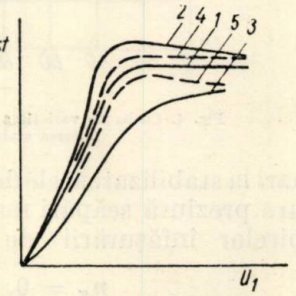


Fig. 6. Diferise caracteristice de stabilizare.

În fig. 6 se arată diferite curbe de stabilizare. Curba *2* se obţine pentru o capacitate de acord mai mare, sau n_c mai mare, sau o putere în sarcină mai mică, decît în cazul curbei *1*. În cazul contrar (capacitate mică, putere de sarcină mare sau n_c mic) se obţine curba *3*. Curba *4* se obţine pentru un număr de spire n_2 mai mare decît curba *1*, iar curba *5* pentru un număr de spire de compensare n_K mai mare. O oarecare creştere a tensiunii secundare se obţine şi adăugînd tole. Mărind întrefierul gradul de compensare scade şi tensiunea stabilizată creşte.

Adăugarea unui ecran are un efect asemănător cu scăderea întrefierului.

Folosind instrumente de măsură adecvate stabilizatorul poate fi reglat să stabilizeze valoarea eficace, valoarea medie sau de vîrf a tensiunii. Numărul spirelor de compensare este mai mic cînd se urmăreşte stabilizarea valorii medii şi este şi mai scăzut cînd se urmăreşte stabilizarea valorii de vîrf.

Stabilizatorul ferorezonant nu stabilizează la variaţia cosinusului de φ dar poate fi reglat să stabilizeze tensiunea la bornele unei sarcini reactive cu cos φ constant.

Performanţe

Stabilizatoarele ferorezonante de tipul arătat prezintă :

variaţii ale tensiunii de ieşire mai mici de $\pm 2\%$ la variaţii ale tensiunii de alimentare de $\pm 20\%$;

variaţii ale tensiunii de ieşire mai mici de $\pm 2\%$ la variaţia sarcinii cu $\pm 20\%$;

variaţii ale tensiunii de ieşire mai mici de $\pm 2\%$ la variaţia frecvenţei tensiunii de alimentare cu $\pm 1\%$.

Randamentul nu scade sub 50%.

Factorul de distorsiuni nu depăşeşte 30% la gol şi 20% în sarcină.

În funcţionarea neîntreruptă încălzirea se menţine în limitele indicate de standarde pentru transformatoarele de reţea.

BIBLIOGRAFIE

[1] LIVSIT L. I. : *Ferrorezonancnie stabilizatori napriajenia.* Massovaia radio biblioteka, Gosenergoizdat, Moscova.

[2] PETROV V.V., PIONTKOKVSCHII B. A.: *Stabilizatori napriajenia i toka.* Sviazisdat, Moscova, 1952.

[3] BESSONOV L. A. : *Electriceskie ţepi so staliu.* Gosenergoizdat, Moscova, 1948.

MARTIN BIRNBAUM*)

Debitmetru de radiaţie portabil monotranzistor

CZ 621.387.4 – 182.4 :621.314.7

Pentru măsurarea dozelor debit de radiaţie beta sau gamma, se folosesc aparate electronice, în cele mai multe cazuri portabile, intitulate generic „debitmetre".

Schema bloc a unui astfel de aparat de măsură (fig. 1) cuprinde : *1* — detectorul de

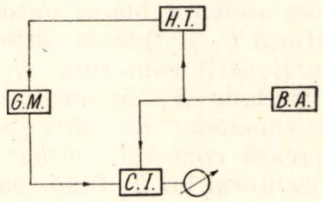


Fig. 1. Schema bloc a unui debitmetru.

radiaţie, de cele mai multe ori un contor de particule tip Geiger-Müller ; *2* — sursa de alimentare cu înaltă tensiune care furnizează tensiunea înaltă (de ordinul sutelor de volţi) pentru alimentarea detectorului de radiaţii şi *3* — un circuit de integrare care furnizează o indicaţie proporţională cu cadenţa impulsurilor generate de detectorul de radiaţii, pe un instrument (4) care poate fi etalonat în mr/h sau impulsuri/min.

Sursa de înaltă tensiune

În cazul aparatelor portabile, tensiunea înaltă pentru alimentarea detectorului de radiaţie se poate obţine în trei moduri, plecînd de la bateriile de alimentare :

1) vibrator cu transformator ridicător ;

2) oscilator blocat sau sinusoidal cu tub electronic ;

3) oscilator cu tranzistor.

Cunoscînd dezavantajele primelor două soluţii, astăzi se recurge în mod curent, la o a treia variantă, în care tensiunea înaltă se obţine cu ajutorul unui tranzistor montat ca oscilator blocat (fig. 2).

Acest tip de sursă, echipat cu tranzistori de mică putere (OC 70, OC 71, OC 32 etc.) permite

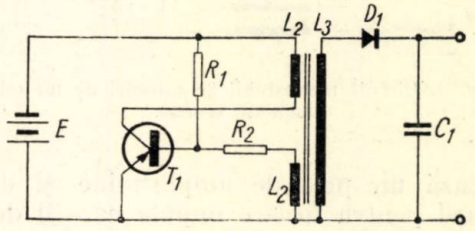


Fig. 2. Sursa de înaltă tensiune : tranzistor montat ca oscilator blocat.

obţinerea unor puteri de utilizare de ordinul zecilor de miliwaţi, cu un randament care poate să ajungă la 60—65%.

Alimentarea circuitului se face de la o baterie uscată de 1,5—9 V, cu un consum care nu depăşeşte în medie 10—15 mA.

Circuitul de integrare

Circuitele de integrare, în general întrebuinţate, cuprind un circuit basculant monostabil care generează pentru fiecare puls dat de detectorul de radiaţie un impuls standard ca amplitudine şi durată.

Aceste impulsuri standard încarcă printr-o diodă un condensator, astfel încît sarcina acumulată pe acest condensator este, în anumite limite, proporţională direct cu frecvenţa impulsurilor generate de contor.

Ca circuit monostabil (eliminînd o soluţie posibilă cu tuburi electronice sau ionice) se poate folosi una din variantele expuse mai jos :

a) *Circuit monostabil cu tranzistori.* Un astfel de circuit, uzual folosit (fig. 3) cuprinde doi tranzistori cu joncţiune. Circuitul monitor de

*) Ing. M. BIRNBAUM este inginer în secţie la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

timp este compus din elementele R şi C. Este figurat de asemenea şi circuitul de integrare propriu-zis (D, C şi I).

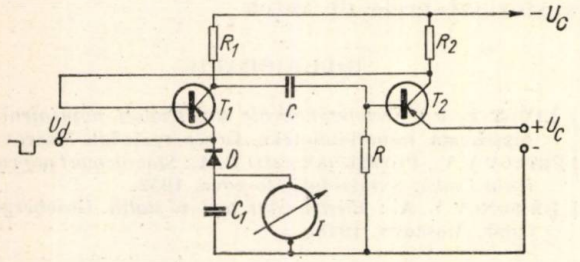


Fig. 3. Circuit monostabil cu doi tranzistori cu joncţiune.

b) *Un alt circuit mai atrăgător este cel din* fig. 4. Aici tranzistorul T_1 este montat ca oscilator blocat comandat. Condiţia de autooscilaţie nefiind îndeplinită, în pauză, circuitul

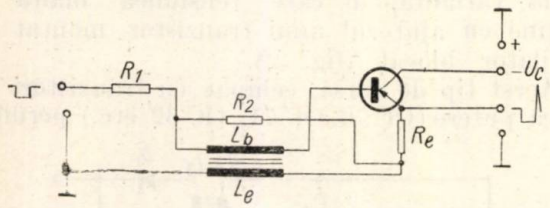


Fig. 4. Circuit monostabil pe miezuri de material magnetic special.

generează un puls de amplitudine şi durată standard pentru fiecare impuls care îl declanşează.

c) *O a treia soluţie posibilă constă în construirea unui circuit monostabil* (fig. 5) *pe miezuri de material magnetic special.* Circuitul are prevăzută o reacţie pozitivă foarte puternică RC,

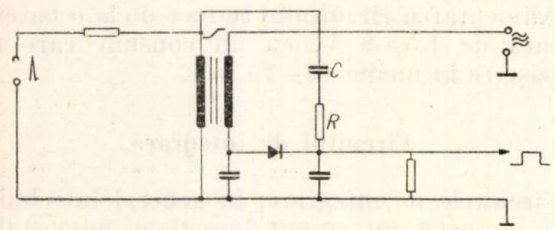


Fig. 5. Circuit monostabil cu un tranzistor montat ca oscilator blocat comandat.

care joacă în acelaşi timp şi rol de monitor de timp.

Se poate trage concluzia că pentru construirea unui debitmetru portabil sînt necesari trei sau minimum doi tranzistori.

Vom arăta în cele ce urmează că această concluzie este falsă, prezentînd un tip nou de debitmetru construit cu un singur tranzistor. Dosarul cuprinzînd datele aparatului propus este înaintat spre brevetare la Comitetul de Stat pentru Metrologie, Standarde şi Invenţii.

Debitmetrul monotranzistor

Schema de principiu a aparatului propus este expusă în fig. 6.

Circuitul cuprinde un tranzistor T_1 montat ca oscilator blocat comandat. Condiţia de autooscilaţie nu este îndeplinită decît dacă baza lui T_1 se duce la o tensiune negativă sau dacă pe emiterul lui apare un puls pozitiv de tensiune. La pornirea aparatului se apasă pe întreruptorul K. Într-un timp foarte scurt,

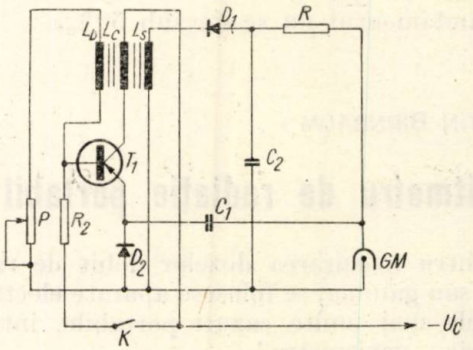


Fig. 6. Schema de principiu a debitmetrului propus.

dioda D_1 încarcă condensatorul C_2 (circuitul funcţionînd ca oscilator blocat autoîntreţinut). Pe condensatorul C_2 se fixează astfel tensiunea necesară funcţionării contorului $G.M.$

Dacă se deschide K, circuitul devine oscilator blocat comandat de către pulsurile pe care le generează contorul, forma de undă a tensiunii pe contorul lui T_1 fiind cea din fig. 7.

Se ştie că în afara pulsului pozitiv, la întreruperea curentului (în circuit existînd o inductanţă) apare şi un puls negativ de tensiune V_1, a cărei amplitudine poate fi făcută, comod, de cîteva ori mai mare decît V_c.

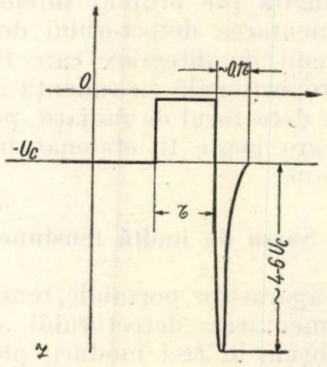


Fig. 7. Forma de undă a tensiunii pe contorul tranzistorului T_1.

Circuitul propus foloseşte tocmai acest impuls negativ pentru ca la fiecare puls dat de contor (cînd în fond se scoate din condensatorul C_2 o cantitate de electricitate) să se introducă în C_2 o nouă sarcină, astfel încît tensiunea pe el să rămînă practic constantă în timpul funcţionării.

Evident, la realizarea circuitului se pun o serie de probleme dintre care merită a fi amintite trei şi anume :

a) condensatorul C_2 să aibă o bună rezistenţă de izolaţie pentru a nu se autodescărca ;

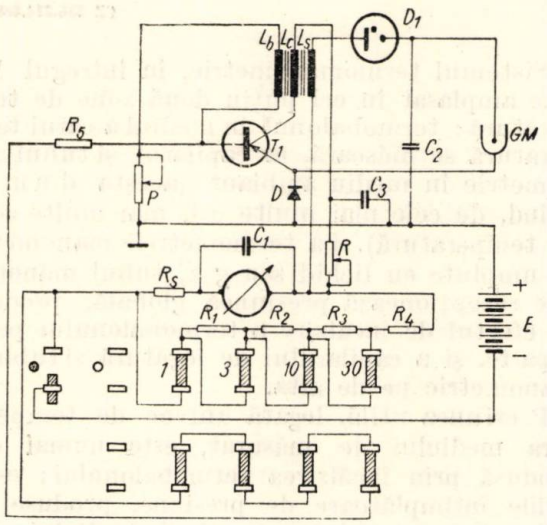


Fig. 8. Schema completă a aparatului propus.

b) detectorul de radiaţie să livreze pe rezistenţa de intrare a circuitului un puls de amplitudine suficientă pentru a-l declanşa.

c) bilanţul energetic să fie favorabil, respectiv în C_2 să se introducă o sarcină cel puţin egală cu cea scoasă într-un impuls dat de *G.M.*

Schema completă a aparatului propus este dată în fig. 8.

Comanda aparatului se face pe o claviatură realizată astfel încît să nu se poată trece pe gamele de măsură decît după ce în prealabil se încarcă condensatorul C_2 pe poziţia (*1*) de reglare a tensiunii de alimentare.

Poziţiile *2*, *3*, *4*, *5* sînt poziţii de măsură corespunzînd unor game de 1, 3, 10 şi 30 mr/h. Pe toate gamele se foloseşte o singură durată pentru impulsurile formate care sînt integrate pe R_3 C_1 şi combinaţia de şunturi R_1, R_2, R_3, R_4 pentru integrare folosindu-se chiar dioda colectoare a tranzistorului T_1.

Evident, etalonarea aparatului este funcţie de durata impulsului format (care se poate regla din P).

Folosind un contor de tip CTC-5 care la o doză debit de 1 mr/h generează circa 1 200 p/m, se poate lucra cu o durată a impulsului format de 300 + 500 μs, folosind un instrument destul de robust (100 + 400 μA) fără a avea un curent de vîrf prohibitiv pentru T_1. Această durată provoacă pe gama cea mai mare o oarecare neliniaritate care se poate compensa însă, gradînd scara logaritmic.

Pentru redresarea tensiunii înalte s-a folosit o diodă cu catod rece de tipul CK-1012, ceea ce face ca aparatul să nu consume practic energie din baterie, decît atunci cînd măsoară efectiv o doză debit relativ mare.

Funcţionarea aparatului a fost verificată atît în lipsa surselor de radiaţie (la raze cosmice), cît şi în prezenţa acestora. Erorile de măsură ale aparatului sînt sub ±10%.

Concluzii

Aparatul propus oferă o serie de avantaje faţă de tipurile de debitmetre portabile curent folosite :

nu foloseşte decît un singur tranzistor ;

nu consumă practic energie din baterie, decît atunci cînd măsoară doze debit mari ;

are o autonomie de funcţionare dată practic, de durata de depozitare a bateriilor ;

permite folosirea unui instrument de măsură robust ;

foloseşte piese puţine, ceea ce îi conferă o bună siguranţă în exploatare.

ION SZÉKELY*)

Erori de măsurare a termometrelor manometrice şi compensarea lor

CZ 536.514.088.22

Datorită simplităţii lor constructive, execuţiei robuste, posibilităţii de măsurare la distanţă şi întreţinerii simple, termometrele manometrice au căpătat cea mai largă răspîndire în industria chimică, petroliferă, alimentară şi altele înrudite.

În principiu, un termometru manometric (fig. 1) constă din trei elemente principale: termobalonul, capilarul de legătură şi tubul manometric. Termobalonul, care este umplut cu fluid care se introduce în mediul de măsurat şi joacă rolul de element sensibil al sistemului. Constructiv, termobalonul este un vas cilindric, închis la un capăt şi avînd un volum oscilînd între 1 şi 150 mililitri. Elementul receptor-indicator sau înregistrator — este un tub manometric (tip Bourdon sau elicoidal), mai rar o capsulă barometrică sau un silfon.

Termobalonul şi tubul manometric sînt legate între ele prin aşa numitul capilar de legătură, constînd dintr-o ţeavă de cupru, oţel sau oţel inoxidabil cu diametrul exterior de 1,5—5 mm şi cel interior de 0,15—1,0 mm şi lungimea de la cîţiva centimetri la 60 m sau chiar mai mult.

În funcţie de fluidul de lucru cu care este umplut sistemul termomanometric (gaz, vapori sau lichid), termometrele manometrice se divid în trei categorii, fiecare avînd particularităţile sale.

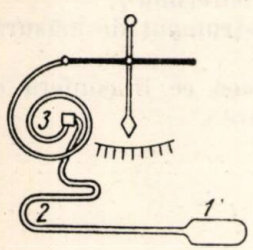


Fig. 1. Elementele termometrului manometric:
1 — termobalon; *2* — capilar de legătură; *3* — tub manometric.

Măsurarea temperaturii cu termometrele manometrice, cu gaz sau lichid, se bazează pe dilatarea, respectiv creşterea de presiune cauzată de variaţia temperaturii fluidului din termobalonul introdus în mediul de măsurat, presiune ce se transmite prin capilarul de legătură tubului manometric.

Termometrele manometrice cu vapori au termobalonul umplut cu un lichid ce se vaporizează sub influenţa temperaturii mediului de măsurat, producînd o presiune corespunzătoare presiunii de vapori la temperatura respectivă. Această presiune este transmisă tubului manometric.

Sistemul termomanometric, în întregul lui, este amplasat în cel puţin două zone de temperatură: termobalonul în mediul a cărui temperatură se măsoară, iar capilarul şi tubul manometric în mediu ambiant (acesta din urmă avînd, de cele mai multe ori, mai multe zone de temperatură). La termometrele manometrice umplute cu lichid sau gaz, tubul manometric recepţionează presiunea globală, produsă de efectul de încălzire a termobalonului pe de o parte, şi a capilarului de legătură şi tubului manometric pe de alta.

Presiunea utilă, legată univoc de temperatura mediului de măsurat, este numai cea produsă prin încălzirea termobalonului; oscilaţiile întîmplătoare de presiune, produse de influenţa variaţiei temperaturii mediului ambiant asupra cuplului capilar de legătură — tub manometric, reprezintă un izvor de erori de măsurare.

Fie V_1 — volumul termobalonului;
V_2 — volumul capilarului şi tubului manometric;
T_0 — temperatura iniţială măsurată, pe care, pentru simplitate, o vom considera egală cu temperatura normală a mediului;
T_{max} — temperatura maximă măsurată;
T_{ext} — temperatura exterioară reală;
P_0 — presiunea iniţială în sistem;
P_{max} — presiunea maximă teoretică, corespunzătoare deviaţiei totale a manometrului;
P_{maxr} — presiunea maximă reală, diferită de P_{max} din cauză că $T_{ext} \neq T_0$.

Eroarea relativă pe întreaga scală

$$\varepsilon = \frac{P_{maxr} - P_{max}}{P_{max} - P_0} \qquad (1)$$

unde

$$P_{max} = P_0\left(\frac{T_{max}}{T_0}\ \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2}\right) \qquad (2)$$

$$P_{maxr} = P_0\left(\frac{T_{max}}{T_0}\ \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{T_{ext}}{T_0}\ \frac{V_2}{V_1 + V_2}\right) \qquad (3)$$

Introducînd expresiile (2) şi (3) în (1), obţinem după simplificările posibile:

$$\varepsilon = \frac{V_2}{V_1}\ \frac{T_{ext} - T_0}{T_{max} - T_0}\ . \qquad (4)$$

După cum se vede, eroarea relativă nu depinde de presiunea iniţială a gazului şi este

*) Ing. I. SZÉKELY este şeful atelierului de automatizări şi utilaje speciale din Institutul de Proiectări Petrol-Chimie

direct proporţională cu raportul dintre volumul capilar + manometru şi volum termobalon.

La termometrele manometrice cu lichid obţinem aceeaşi relaţie.

Volumul tubului manometric oscilează între 0,3—0,5 cm³; volumul capilarului, pentru um-

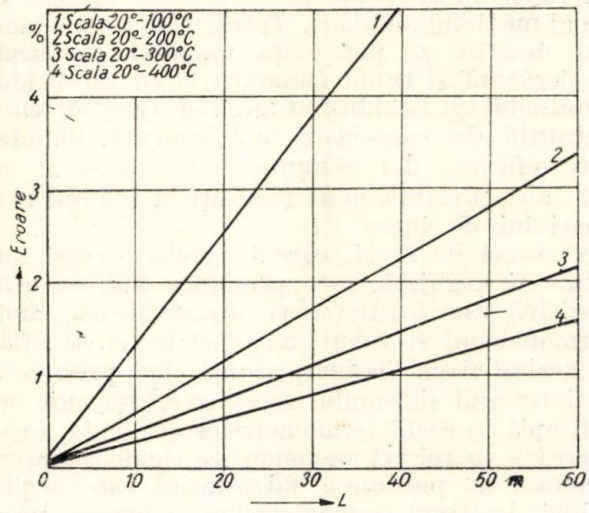


Fig. 2. Diagrama erorii relative de măsurare a termometrului cu gaz la o variaţie a temperaturii mediului ambiant cu ± 10°C (volumul termobalonului 50 cm³).

plutura cu gaz, este în medie de 0,5 cm³ pe metru liniar, iar volumul termobalonului în medie 50 cm³. Diagrama din fig. 2 reprezintă eroarea relativă a unui termometru manometric cu gaz în funcţie de lungimea capilarului şi de temperatura maximă de măsurare (temperatura minimă măsurată fiind 20°C), iar oscilaţia temperaturii mediului ambiant de + 10°C faţă de cea normală (20°C).

Întrucît, după cum se vede din expresia (4), influenţa temperaturii ambiante este proporţională cu volumul capilarului şi invers proporţională cu volumul termobalonului, o metodă simplă, ieftină şi eficientă de micşorare a erorilor de măsurare este mărirea raportului dintre volumul termobalonului şi volumul capilarului + tubul manometric.

Totuşi, această măsură, de multe ori, nu poate fi dusă prea departe din mai multe cauze. Micşorarea diametrului capilarului de legătură duce la întîrzieri importante în indicaţiile manometrului, mai ales la lungimi mai mari; micşorarea volumului tubului manometric, duce la micşorarea forţei sale de acţionare, prin urmare la mărirea erorilor produse prin frecare anulînd — iar în cazul instrumentelor înregistratoare chiar depăşind — eficienţa acestei măsuri. Pe de altă parte, multe obiecte tehnologice nu permit mărirea nelimitată a volumului termobalonului.

O altă metodă larg utilizată de compensaţie a erorilor produse de temperatura mediului ambiant, este utilizarea unei plăcuţe bimetalice ca element de legătură între tubul manometric şi mecanismul indicator sau înregistrator, aşa cum este reprezentat schematic în fig. 3. Plăcuţa poate fi dimensionată în aşa fel, încît să compenseze totalmente eroarea produsă de temperatura mediului ambiant.

Sistemul este simplu şi robust, dar întrucît inerţia termică a bimetalului este în general alta decît inerţia termică a capilarului, în perioadele de variaţie rapidă a temperaturii mediului ambiant, placa bimetalică se poate dovedi ineficace.

Cea mai costisitoare, dar şi cea mai desăvîrşită metodă de compensaţie o prezintă dublarea sistemului tub manometric-capilar de legătură, dublura lucrînd în contrasens, aşa cum este reprezentat în fig. 4. Această soluţie prezintă o compensaţie totală a influenţei temperaturii ambiante, atît pentru tubul manometric, cît şi pentru capilarul de legătură şi în acelaşi timp un sincronism perfect între compensator şi partea activă.

Această metodă este recomandată acolo unde se cere o precizie deosebită a măsurării, sau acolo unde condiţiile impun un termobalon de volum redus şi o inerţie mică a sistemului.

Întrucît termometrele cu gaz se utilizează în primul rînd acolo unde volumul termobalonului nu este prea limitat, compensaţia prin dublură se aplică mai rar la termometrele manometrice cu gaz decît la cele cu lichid.

O soluţie interesantă este cea adoptată de o firmă străină pentru termometrele manometrice cu lichid, care constă dintr-un sistem de compensaţie format dintr-un silfon prelungit cu un capilar paralel cu cel de lucru, dar cu

Fig. 3. Compensarea prin bimetal.

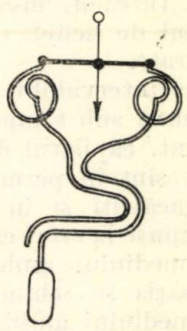


Fig. 4. Compensarea prin dublarea sistemului capilar-tub manometric.

diametrul mai mare şi umplut cu azot (fig. 5). Sistemul poate fi uşor reglat, dar este costisitor.

Un alt sistem de compensare a influenţei termice a mediului ambiant, utilizat la termometrele cu lichid, constă din utilizarea unui capilar de legătură cu diametrul interior relativ mare, în care se introduce o sîrmă, dintr-un material cu coeficient de dilatare diferit de cel al capilarului, ales în aşa fel încît variaţia de volum a capilarului să compenseze variaţia de volum a lichidului utilizat. Conform datelor din literatură, compensaţia poate fi practic totală. Un avantaj suplimentar al acestui sistem de compensaţie constă din faptul că interiorul

cu diametru relativ mare al capilarului poate fi prelucrat la o calitate superioară, ceea ce duce la o micşorare a inerţiei sistemului.

În cazul termometrelor manometrice cu vapori, variaţia temperaturii capilarului de legătură şi tubului manometric nu introduce

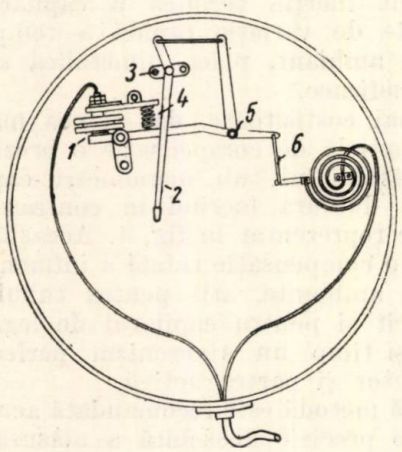


Fig. 5. Termometru manometric înregistrator cu mercur, cu sistem de compensaţie:
1 – burduf cu azot; *2* – braţ înregistrator; *3* – pivot fix; *4* – resort; *5* – pivot mobil; *6* – articulaţie.

erori, atîta timp cît intervalul de măsurare este în întregime deasupra temperaturii maxime a mediului sau sub temperatura sa minimă*).

În primul caz, tubul manometric şi capilarul, avînd temperatura sub punctul de condensaţie a vaporilor, sînt totdeauna umplute cu lichid; în cazul în care temperatura mediului ambiant creşte, lichidul din acest spaţiu se dilată, surplusul de lichid trecînd în termobalon. Întrucît, însă, presiunea nu depinde de volumul de lichid, indicaţiile sistemului rămîn nealterate.

Dacă intervalul măsurat de temperaturi este totdeauna sub temperatura minimă a mediului ambiant, capilarul de legătură şi tubul manometric sînt în permanenţă umplute cu vapori supraîncălziţi şi în consecinţă măsurările nu sînt supuse la erori cauzate de variaţia temperaturii mediului ambiant.

Situaţia se schimbă radical, dacă temperatura mediului ambiant se încadrează în intervalul de măsură al termometrului cu vapori. În acest caz, temperatura capilarului de legătură şi a tubului manometric pot fi atît superioară, cît şi inferioară temperaturii instantanee a termobalonului; în consecinţă pot fi umplute fie cu lichid, fie cu vapori.

Atunci cînd temperatura termobalonului începe să scadă sub temperatura mediului, lichidul din capilarul de legătură şi tubul manometric se evaporă şi invers, cînt temperatura termobalonului creşte, vaporii din capilar şi manometru condensează. Întrucît ambele fenomene prezintă o oarecare durată, în această perioadă apare o întîrziere sensibilă a indicaţiilor, iar dacă aceste „încrucişări" de temperatură se repetă des, indicaţiile devin cu totul nestabile. Din această cauză este contraindicat a se utiliza termometre manometrice cu vapori în intervale de temperaturi apropiate de al mediului ambiant. Totuşi fenomenele mai sus descrise se pot evita umplînd capilarul de legătură şi tubul manometric cu un lichid nemiscibil cu lichidul de lucru şi avînd o temperatură de vaporizare mai ridicată. Metoda este eficace, dar scumpeşte termometrul şi mai ales prezintă mari greutăţi la reumplerea spaţiului de lucru

O sursă de erori, care în multe cazuri nu poate fi neglijată, este presiunea hidrostatică pozitivă sau negativă, ce apare atunci cînd termobalonul şi tubul manometric nu se află la acelaşi nivel. Desigur, atunci cînd presiunea în interiorul sistemului este mare, aşa cum se întîmplă în cazul termometrelor cu lichid, care lucrează cu tuburi manometrice rigide, eroarea produsă de presiunea hidrostatică este neglijabilă. În cazul termometrelor cu vapori, presiunea hidrostatică poate duce la erori considerabile. Firmele furnizoare, în majoritatea cazurilor, cer la comandă informaţii asupra diferenţei de nivel dintre termobalon şi tubul manometric şi etalonează placa indicatoare în consecinţă. Adesea însă, fie intervin schimbări în instalaţia tehnologică în intervalul ce trece de la lansarea comenzii la livrare, fie aparatul îşi schimbă destinaţia. În aceste cazuri, corecţia trebuie făcută ulterior.

O situaţie deosebit de gravă apare atunci cînd diferenţa de nivel dintre termobalon şi manometru este dublată de un domeniu de măsurare care cuprinde şi intervalele de temperatură ale mediului ambiant. În acest caz, capilarul poate fi cînd umplut cu lichid (temperatura mediului ambiant mai mică decît cea a termobalonului), cînd cu vapori (temperatura mediului ambiant mai ridicată de cît cea a termobalonului).

În acest caz, instabilităţii de măsurare amintită mai sus, cauzată de „încrucişarea" de temperatură, se adaogă incertitudinea produsă de „presiunea hidrostatică fantomă", adică de apariţia şi dispariţia întîmplătoare a coloanei de lichid în capilar. Mijloacele de ocolire ale acestui fenomen nedorit sînt identice cu cele arătate mai sus pentru erorile de „încrucişare" a temperaturilor.

*) Desigur, cele afirmate sînt valabile numai dacă în întregul interval de măsură vom avea suprafaţă liberă de evaporare a lichidului, lucru care este totdeauna îndeplinit, dacă umplerea sistemului s-a executat corect.

BIBLIOGRAFIE

[1] RHODES, J. T.: *Industrial instruments for measurement and control*, New-York-London, 1941.

[2] FILLER, W.F.E.: *Instrument and control manual for operating engineers*, New-York-London, 1947.

[3] *Metode de măsurare a temperaturilor în industrie*, sub redacţia lui GORDOV A. N. Editura Metalurgică de Stat, Moscova, 1952.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

PANTELIMON CONSTANTIN*)

Studiul comparativ al amplificatorilor ionici sensibili la faza cu sarcina rezistivă

CZ 621. 375.2 : 621.385.38

În servomecanismele de poziţie este necesar ca organul reglat să fie menţinut într-o anumită poziţie dacă semnalul de eroare este nul. Dacă se aplică la intrarea sistemului un semnal de o anumită polaritate, organul reglat se va deplasa într-un anumit sens, iar dacă se inversează polaritatea semnalului aplicat, se inversează şi sensul deplasării organului reglat.

Pentru realizarea acestei sarcini în sistemele respective se prevăd amplificatori sensibili la fază de tip electronic sau ionic. Semnalele aplicate la intrare pot fi tensiuni continue sau alternative. Dacă se aplică o tensiune continuă, amplificatorul dă la ieşire o tensiune reprezentată în fig. 1.

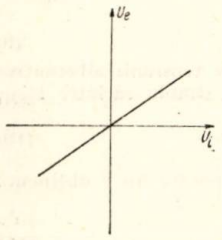


Fig. 1. Caracteristica statică a amplificatoarelor sensibile la fază

Aceeaşi curbă a tensiunii de ieşire este valabilă şi în cazul aplicării unei tensiuni alternative, U_i reprezentînd amplitudinea tensiunii alternative, iar U_e tensiunea continuă la ieşire. La variaţia cu 180° a fazei tensiunii de intrare, ceea ce în diagramă se exprimă prin schimbarea polarităţii tensiunii U_i, tensiunea de ieşire îşi schimbă de asemenea polaritatea.

Din cele arătate reiese că noţiunea de „sensibil la fază" nu presupune o variaţie continuă a fazei, care să conducă la o variaţie corespunzătoare a tensiunii de ieşire. Tensiunea de ieşire depinde de amplitudinea tensiunii de intrare iar amplificatorul este sensibil numai la o defazare la 180° a tensiunii de intrare.

În cele ce urmează vor fi prezentate schemele principale de amplificatori ionici sensibili la fază folosite în sistemele de reglare automată şi se va face un scurt studiu comparativ între ele.

1. Amplificator ionic sensibil la fază, diferenţial

Schema acestui amplificator este reprezentată în fig. 2. Alimentarea circuitului anodic se face cu o tensiune alternativă dată de transformatorul T_r. Pentru comanda celor două tuburi tiratron se foloseşte un montaj mixt care cuprinde o tensiune continuă de comandă E_g şi o tensiune auxiliară alternativă U_g de amplitudine şi fază constantă, defazată cu $\frac{\pi}{2}$ în urma tensiunii anodice, în scopul realizării sensibilităţii maxime.

În schema de comandă poate lipsi tensiunea U_g, dar se obţine un montaj puţin sensibil.

În cazul cînd tensiunea de grilă critică este apreciabilă, în schemă se introduce o tensiune continuă de grilă E_{g0} pentru asigurarea unui unghi de aprindere de 90° în absenţa semnalului de comandă.

Amplificatorul debitează pe o sarcină care de obicei este o maşină electrică. Pentru simplificare, se neglijează inductanţa şi forţa electromotoare şi se consideră sarcina o rezistenţă ohmică R_m.

În lipsa unui semnal de comandă, unghiurile de aprindere ale celor două tuburi sînt 90° iar schema fiind simetrică, curentul prin sarcină este nul.

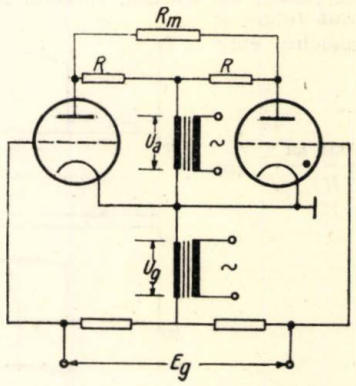


Fig. 2. Amplificator sensibil la fază, diferenţial.

Presupunînd că se aplică un semnal E_g cu polaritatea + spre grila tubului T_1 (fig. 3), tubul T_1 se aprinde mai devreme (la unghiul αa_1), iar tubul T_2 mai tîrziu (la unghiul αa_2). În funcţionarea schemei se deosebesc trei etape:

$\omega t < \alpha a_1$. Nu este aprins nici un tub şi curentul prin sarcină este nul.

$\alpha a_1 < \omega t < \alpha a_2$. Tubul T_1 este aprins şi prin sarcină trece un curent de un sens determinat.

$\omega t > \alpha a_2$. Conduc ambele tuburi şi curentul prin sarcină este nul.

La inversarea polarităţii semnalului E_g, se inversează ordinea în care începe conducţia tuburilor şi sensul curentului prin sarcină.

În cele ce urmează se va arăta forma curentului prin diferite elemente ale schemei, în ipoteza aplicării semnalului E_g ca în fig. 3.

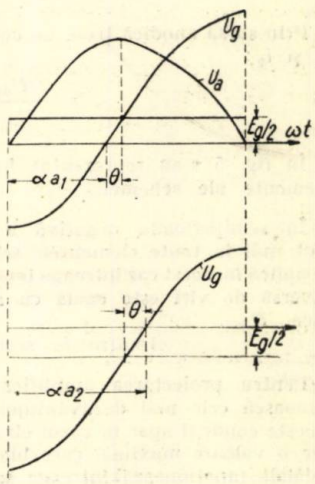


Fig. 3. Aprinderea tuburilor tiratron

Conduce tubul T_1. Dacă notăm cu i_1, i_2 curenţii care trec prin tuburi, i_{R1}, i_{R2} curenţii care trec prin rezistenţele anodice, cu i_s curentul care trece prin sarcină, iar cu i_g curentul care trece prin sursa anodică, în cazul de faţă avem (fig. 4).

$$i_1 = i_g\,,\quad i_s = i_{R2}\,,\quad i_2 = 0\,,\quad i_{R1} = i_1 - i_s\,.$$

Pentru calculul curentului prin tubul T_1 se înlocuiesc cele trei rezistenţe printr-o rezistenţă echivalentă:

$$R_e = \frac{R\,(R + R_m)}{2\,R + R_m}\,. \qquad (1)$$

*) Ing. P. CONSTANTIN este asistent la catedra de tuburi electronice şi tehnică nucleară din Institutul Politehnic Bucureşti.

Dat fiind că ansamblului de rezistenţe i se aplică o tensiune $U_a - U_0$, pentru curentul i_1 obţinem

$$i_1 = i_g = \frac{U_M \sin t - U_0}{R_e} \cong \frac{U_M \sin \omega t}{R_e} \qquad (2)$$

dacă se neglijează căderea de tensiune pe tub U_0.

Curentul prin sarcina i_s şi curentul i_{R1} se determină observînd că tensiunea $U_a - U_0$, se aplică rezistenţei R şi rezistenţa R, R_m legate în serie. Se obţine:

$$i_s = i_{R2} = \frac{U_M \sin \omega t - U_0}{R + R_m} \cong \frac{U_M \sin \omega t}{R + R_m} \qquad (3)$$

$$i_{R1} = \frac{U_M \sin \omega t - U_0}{R} = \frac{U_M \sin \omega t}{R}. \qquad (4)$$

Conduc ambele tuburi. Din cauza identităţii între cele două ramuri ale schemei, curentul i_s este nul.

Prin cele două tuburi şi rezistenţele anodice curg curenţi egali.

$$i_1 = i_2 = i_{R1} = \\ = i_{R2} \cong \frac{U_M \sin \omega t}{R}. \qquad (5)$$

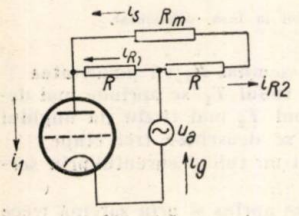


Fig. 4. Conducţia tubului T_1.

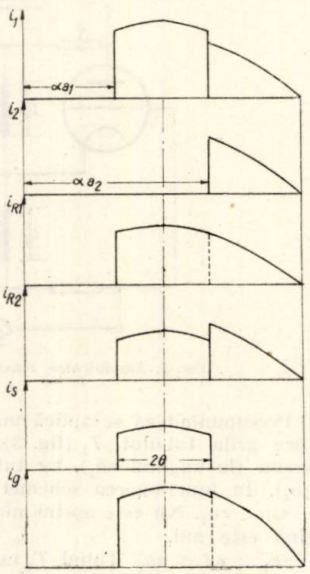


Fig. 5. Formele de undă ale curenţilor

Prin sursa anodică trece un curent egal cu suma curenţilor i_1 şi i_2:

$$i_g \cong \frac{2\, U_M \sin \omega t}{R}. \qquad (6)$$

În fig. 5 s-au reprezentat formele curenţilor în diferite elemente ale schemei.

În semiperioada negativă a tensiunii anodice curenţii sînt nuli în toate elementele schemei. La bornele tuburilor se aplică în acest caz întreaga tensiune anodică, deci tensiunea inversă de vîrf este egală cu amplitudinea tensiunii anodice, U_M.

Analiza la semnal maxim

Pentru proiectarea amplificatorului este necesar să se cunoască cele mai dezavantajoase condiţii de funcţionare. Aceste condiţii apar în cazul cînd semnalul aplicat la intrare are o valoare maximă, care blochează complet un tub, iar celălalt funcţionează întreaga semiperioadă pozitivă a tensiunii anodice.

În acest caz curenţii în toate elementele schemei vor avea forma unor jumătăţi de sinusoidă cu excepţia curentului nul în tubul care nu este aprins.

Curentul de vîrf prin tubul tiratron este dat de maximul lui i_1 din relaţia (2):

$$i_v = \frac{U_M}{R_e}. \qquad (7)$$

Curentul mediu se determină ştiind că forma curentului care trece prin tub este o jumătate din sinusoidă cu valoarea maximă dată de relaţia (7)

$$I_{1m} = \frac{i_v}{\pi} = \frac{U_M}{R_e}. \qquad (8)$$

Pentru proiectarea celorlalte elemente ale schemei, este necesar a se calcula valorile medii şi eficace ale curenţilor respectivi. Acestea se pot calcula uşor cunoscînd forma curenţilor.

Analiza la semnale mici. Amplificarea schemei.

Presupunem că la intrarea amplificatorului se aplică un semnal mic, iar curentul prin sarcină are forma unui puls de deschidere mică pe care o notăm cu 2θ (fig. 4).

Dacă luăm originea timpului la mijlocul pulsului de curent, în relaţia (3) care dă valoarea curentului prin sarcină $\sin \omega t$ se înlocuieşte prin $\cos \omega t$.

Valoarea medie a curentului va fi:

$$I_{sm} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\theta}^{+\theta} i_s\, d\,(\omega t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\theta}^{+\theta} \frac{U_M \cos \omega t}{R + R_m}\, d\,(\omega t) = \frac{U_M \sin \theta}{\pi(R+R_m)}. \qquad (9)$$

Dacă notăm cu U_{gM} amplitudinea tensiunii alternative de grilă, de pe fig. 3 se poate observa simplu că între U_{gM}, E_g, există relaţia:

$$E_g = 2U_{gM} \sin\theta. \qquad (10)$$

Din relaţiile (9) şi (10), prin eliminarea lui $\sin \theta$ obţinem:

$$I_{sm} = \frac{U_M}{U_{gM}} \cdot \frac{E_g}{2(R+R_m)}. \qquad (11)$$

Tensiunea la bornele sarcinii va fi:

$$U_{sm} = R_m\, I_{sm} = \frac{U_M}{U_{gM}} \cdot \frac{R_m\, E_g}{2\pi\,(R + R_m)}. \qquad (12)$$

Amplificarea schemei:

$$K_{ud} = \frac{U_{sm}}{E_g} = \frac{U_M}{U_{gM}} \cdot \frac{R_m}{2(R+R_m)} = \frac{U_M}{U_{gM}} \cdot \frac{1}{2\pi\left(\frac{R}{R_m}+1\right)}. \qquad (13)$$

Relaţia (13) arată că pentru a obţine amplificări mari este necesar a aplica tensiuni anodice mari, tensiuni auxiliare de grilă cu amplitudini mici şi raportul $\frac{R}{R_m}$ să fie de asemenea mic.

2. Amplificator ionic sensibil la fază, montaj în punte

În această schemă (fig. 6) se foloseşte o comandă mixtă pentru cele două tiratroane, cuprinzînd tensiunea de comandă

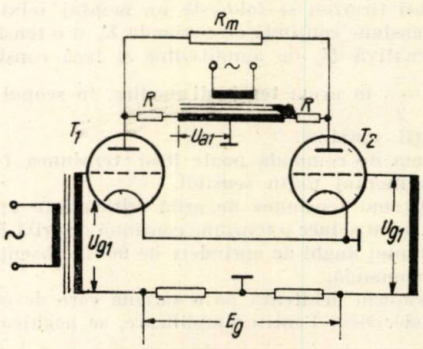


Fig. 6. Amplificator ionic sensibil la fază, montaj în punte.

E_g şi două tensiuni auxiliare U_g, în antifază, decalate cu 90° în urma tensiunilor anodice care sînt de asemenea în

antifază. Transformatorul punţii de defazare a tensiunii U_g are două înfăşurări secundare identice, separate.

În absenţa semnalului, cele două tuburi funcţionează în două semiperioade consecutive, avînd fiecare un unghi de aprindere de 90°. Curentul mediu prin sarcină este nul.

Dacă aplicăm un semnal E_g, cu plus pe grila tubului T_1 (fig. 7), tubul T_1 se va aprinde mai devreme (unghiul αa_1) iar tubul T_2 mai tîrziu (unghiul αa_2).

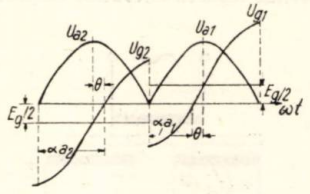


Fig. 7. Aprinderea tuburilor tiratron.

În funcţionare deosebim patru etape :

$\omega t < \alpha'_1$ nu este aprins nici un tub iar în sarcină apare un curent de circulaţie.

$\alpha_{a1} < \omega t < \pi$ este aprins tubul T_1.

$\pi < \omega t < \pi + \alpha'_2$ nu este aprins nici un tub, în sarcină curent de circulaţie.

$\omega t > \pi + \alpha a_2$ este aprins tubul T_2.

Prin sarcină trece un curent nesinusoidal. Curentul mediu are o anumită polaritate.

La schimbarea polarităţii semnalului E_g, se schimbă şi polaritatea curentului mediu prin sarcină.

Se va determina forma curenţilor în cele patru etape consecutive de funcţionare, considerînd că semnalul E_g se aplică ca în fig. 7.

a) $\omega t < \alpha_{a1}$ (fig. 8).

Prin tuburi nu trec curenţi. Prin sarcină trece un curent de circulaţie a cărui valoare este

$$i_s = \frac{2\mu}{2R + R_m} = \frac{2U_M \sin \omega t}{2R + R_m}. \qquad (14)$$

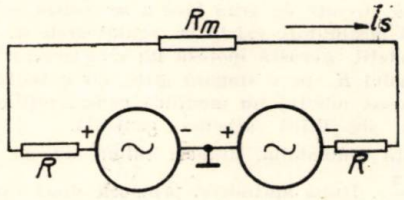


Fig. 8. $\omega t < \alpha a_1$.

Tensiunea între punctul *2* şi masă reprezintă tensiunea anodică a tubului T_2. Această tensiune este negativă şi are valoarea :

$$U_2 = U - Ri_s = \frac{URm}{2R + R_m} \qquad (15)$$

b) $\alpha a_1 < \omega t$ (fig. 9).

Notăm cu i_1, i_2, i_{R1}, i_{R2} curenţii care trec prin tuburi şi rezistenţele anodice R. Prin înfăşurările secundare ale transformatorului anodic trec de asemenea curenţii i_{R1}, i_{R2}.

Curentul i_2 este nul.

Curentul prin sarcină i_s este egal cu curentul i_{R2} şi se determină observînd că tensiunea $U + U_0$ se aplică rezistenţelor R, R_m în serie

$$i_s = i_{R2} = \frac{U + U_0}{R + R_m} \cong \frac{U_M \sin \omega t}{R + R_m}. \qquad (16)$$

Curentul i_{R1} se determină observînd că aprinderea tubului T_1 scurtcircuitează practic circuitul format de R şi u

$$i_{R1} = \frac{U_m \sin \omega t}{R}. \qquad (17)$$

Curentul care trece prin tub i_1 se află aplicînd legea I-a a lui Kirchhoff în nodul *1*

$$i_1 = i_{R1} - i_s = \frac{R_m}{R\,(R + R_m)} \cdot U_M \sin \omega t. \qquad (18)$$

Tensiunea inversă a tubului T_2

$$U_2 = u - Ri_s = \frac{R_m}{R + R_m} U_M \sin \omega t \qquad (19)$$

c) $\pi < \omega t < \pi + \alpha'_2$

În acest caz tuburile nu conduc. Curentul prin sarcină îşi schimbă sensul faţă de cel din fig. 8, iar valoarea sa este dată de asemenea de relaţia (14). Tensiunea la anodul tubului T_2 devine pozitivă şi este dată de relaţia (15).

d) $\omega t > \pi + \alpha a_2$.

Curentul i_s are semnul schimbat faţă de punctul *b* şi are valoarea dată de relaţia (16), ca şi curentul i_{R1}.

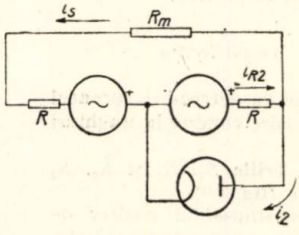


Fig. 9. $\alpha a_1 < \omega t < \pi$

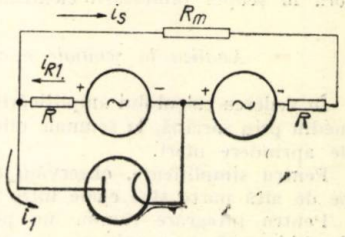


Fig. 10. $\omega t > \pi + \alpha a_2$

Curentul i_{R2} cu sensul indicat în fig. 10 este dat de relaţia (17), iar curentul prin tubul T_2 este dat de relaţia (18).

Tensiunea la bornele tubului T_2 este U_0.

Pe baza celor arătate s-au trasat formele curenţilor în fig. 11. Pentru aceasta s-au luat pentru curenţi următoarele sensuri convenţionale pozitive :

i_s — sensul de la punctul *a*.

i_1, i_{R1} — sensul de la punctul *b*.

i_2, i_{R2} — sensul de la punctul *d*.

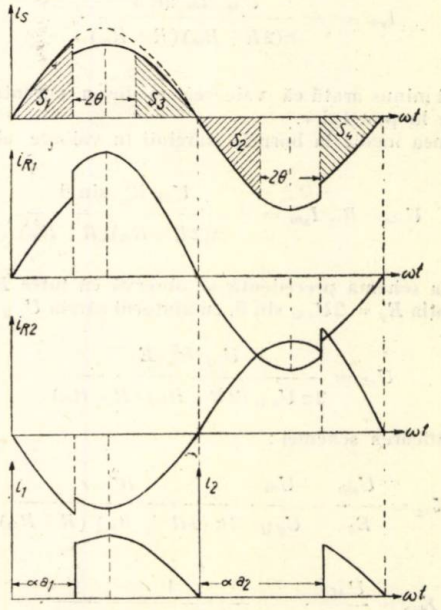


Fig. 11. Formele de undă ale curenţilor.

Din forma tensiunii inverse la anodul tubului T_2 şi din relaţia (19) se vede că tensiunea inversă de vîrf a schemei este :

$$U_{2v} = \frac{R_m U_M}{R + R_m}. \qquad (20)$$

Analiza la semnal maxim

Condiţiile cele mai grele de funcţionare pentru tuburi apar de asemenea în cazul blocării complete a unuia, cînd celălalt rămîne aprins o întreagă semiperioadă.

Curentul de vîrf prin tiratron este dat de valoarea maximă a lui i_1 din relaţia (18)

$$i_v = \frac{R_m U_M}{R(R + R_m)}. \tag{21}$$

Curentul mediu se determină ştiind că forma curentului i_1 este o jumătate din sinusoidă cu valoarea maximă dată de relaţia (21)

$$I_{1m} = \frac{i_v}{\pi} = \frac{R_m U_M}{\pi R(R + R_m)}. \tag{22}$$

Cunoscînd valorile şi formele curenţilor în celelalte elemente ale schemei se pot calcula valorile medii şi eficace ale acestora în scopul proiectării elementelor respective.

Analiza la semnale mici. Amplificarea

În vederea calculului amplificării se va determina curentul mediu prin sarcină, la semnale mici care conduc la unghiuri de aprindere mari.

Pentru simplificare, observăm că ariile S_1, S_2 şi S_3, S_4 pe de altă parte sînt egale între ele (fig. 10).

Pentru integrare rămîne un puls sinusoidal pozitiv de deschidere 2θ şi un puls negativ de aceeaşi deschidere. Valorile curenţilor respectivi sînt date de relaţiile (14) şi (16). Dacă se iau ca origină de timp, mijloacele pulsurilor, curentul mediu este :

$$I_{sm} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\theta}^{+\theta} \frac{2U_M \cos \omega t}{2R + R_m} \, \mathrm{d}\,(\omega t) - \frac{1}{2\pi} \int_{-\theta}^{+\theta} \frac{U_M \sin \omega t}{R + R_m} \, \mathrm{d}\,(\omega t).$$

Efectuînd integralele obţinem :

$$I_{sm} = -\frac{U_M R_m \sin \theta}{\pi(2R + R_m)(R + R_m)}. \tag{23}$$

Semnul minus arată că valoarea medie a curentului are sensul de la punctul *c*.

Tensiunea medie la bornele sarcinii în valoare absolută :

$$U_{sm} = R_m I_{sm} = + \frac{U_M R_m^2 \sin \theta}{\pi(2R + R_m)(R + R_m)}. \tag{24}$$

Ca şi la schema precedentă se observă că între E_g, U_{gM}, avem relaţia $E_g = 2U_{gM} \sin \theta$, cu ajutorul căreia U_{sM} devine :

$$U_{sm} = \frac{U_M R_m^2 \cdot E_g}{2\pi U_{gM}(2R + R_m)(R + R_m)} \tag{25}$$

iar amplificarea schemei :

$$K_{a2} = \frac{U_{sm}}{E_g} = \frac{U_m}{U_{gM}} \cdot \frac{R_m^2}{2\pi(2R + R_m)(R + R_m)} \tag{26}$$

sau

$$K_{a2} = \frac{U_M}{U_{gM}} \cdot \frac{1}{2\pi \left(\frac{2R}{R_m} + 1\right)\left(\frac{R}{R_m} + 1\right)}. \tag{27}$$

Ca şi în schema precedentă se observă că amplificări mari se pot obţine cu U_M, mari şi U_{gM}, $\frac{2R}{R_m}$ mici.

3. Amplificator ionic sensibil la fază cu sarcina în paralel pe tuburi

Schema cuprinde două tiratroane la care se aplică tensiuni anodice în fază (fig. 12) date de cele două înfăşurări identice secundare ale transformatorului anodic.

Sarcina este legată între catodele celor două tuburi, prin urmare în schemă pot fi utilizate numai tuburi cu încălzire indirectă care permit legarea catodelor la potenţiale diferite.

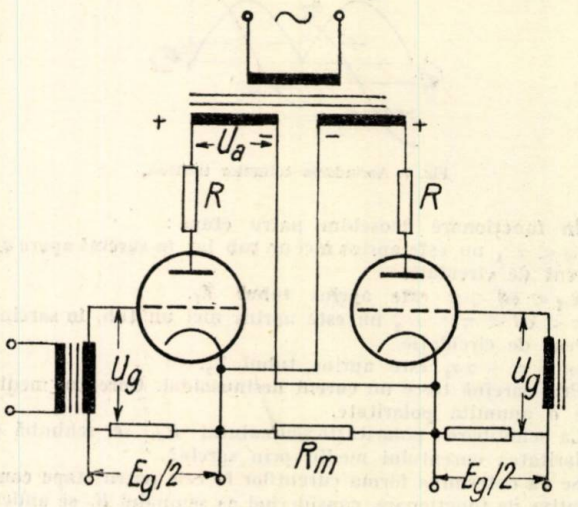


Fig. 12. Amplificator ionic, cu sarcina în paralel.

Comanda grilelor se face printr-un montaj mixt cuprinzînd tensiunea E_g de comandă şi două tensiuni auxiliare de grilă U_g, în fază.

Transformatorul din circuitul de grilă T_g are două înfăşurări secundare identice.

Schema presupune posibilitatea aplicării semnalului E_g în cele două circuite de grilă fără a se realiza cuplaj între ele. Această posibilitate există la regulatoarele de frecvenţă şi alte instalaţii. Această ipoteză nu este necesară dacă se aplică semnalul E_g pe o singură grilă, iar cealaltă se leagă la catod. Acest montaj nu modifică consideraţiile care urmează dar simplifică schema generală.

În absenţa semnalului, ambele tuburi au un unghi de aprindere $\frac{\pi}{2}$. După aprindere, prin cele două ramuri curg curenţi egali, iar curentul în sarcină este nul. Aceasta rezultă din aplicarea legilor lui Kirchhoff în schema echivalentă din fig. 13.

Dacă se aplică un semnal cu polaritatea ca în fig. 12, tubul T_1 se va aprinde mai devreme, iar T_2 mai tîrziu (fig. 12).

În funcţionare deosebim trei etape :

$\omega t < \alpha a_1$, nu este aprins nici un tub, curentul prin sarcină este nul.

$\alpha a_1 < \omega t < \alpha a_2$ este aprins tubul T_1. Prin sarcină şi tubul T_1 trece un curent $i_s = i_1$, avînd sensul din fig. 13.

$\omega t > \alpha a_2$ prin cele două tuburi trec curenţi egali, iar prin sarcină nu trece curent ($i_s = 0$).

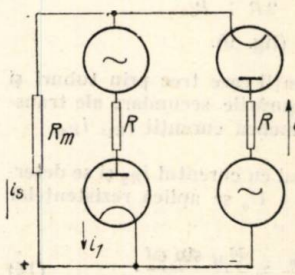


Fig. 13. Schema echivalentă a amplificatorului.

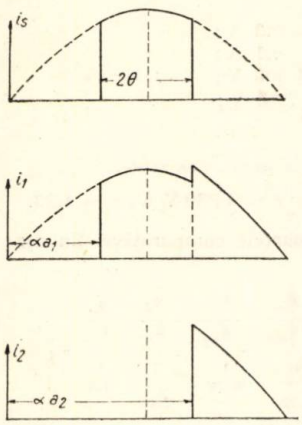
Dacă se inversează semnalul E_g, tubul T_2 se aprinde mai devreme ($\alpha a_2 < \alpha a_1$) şi în perioada de conducţie a acestui tub prin sarcină trece un curent de sens contrar $i_s = i_2$.

Să examinăm formele curenţilor.

Conduce tubul T_1. Prin tub, sarcină, rezistența anodică și înfășurarea corespunzătoare anodică trece un curent $i_s = i_1$ dat de relația:

$$i_1 = i_s = \frac{U_M \sin \omega t}{R + R_m}. \tag{28}$$

Conduc ambele tuburi. După cum s-a arătat mai sus, curentul prin sarcină este nul. Prin cele două tuburi, rezistențele anodice și înfășurările secundare anodice curge același curent dat de relația



$$i_1 = i_2 = \frac{U_M \sin \omega t}{R}. \tag{29}$$

În semiperioada negativă a tensiunilor anodice, curenții sînt nuli în toate elementele schemei. La anodul unui tub se aplică întreaga tensiune $U_M \sin \omega t$. Prin urmare tensiunea inversă de vîrf a schemei este U_M.

Fig. 14. Formele curenților.

În fig. 14 s-au reprezentat formele curenților din schemă.

Analiza la semnal maxim

Ca și la schemele precedente, considerăm că un tub este complet blocat iar celălalt conduce o semiperioadă întreagă.

Curentul de vîrf, care trece prin tub, este dat de valoarea maximă a curentului i_1 (relația 28):

$$i_v = \frac{U_M}{R + R_m}. \tag{30}$$

Curentul mediu este dat de valoarea medie a unei jumătăți de sinusoidă cu valoarea maximă i_v

$$I_{sm} = \frac{i_v}{\pi} = \frac{U_M}{\pi (R + R_m)}. \tag{31}$$

Analiza la semnale mici. Amplificare

Comparînd relațiile care dau valoarea curenților prin sarcină la schema aceasta și la schema diferențială (28, 3) observăm că sînt identice. Comparînd de asemenea formele curenților prin sarcină în cele două scheme (fig. 14, fig. 5), observăm că și acestea sînt identice.

De aceea, pentru curentul mediu, tensiunea medie la bornele sarcinii și amplificarea schemei obținem aceleași relații ca și la schema diferențială (11, 12, 13).

4. Studiu comparativ al schemelor

Considerăm că dorim să folosim la maximum un tub dat. Presupunem că tubul ales are tensiunea inversă maximă $U_v = a$. Presupunem de asemenea că dacă luăm curentul de vîrf al schemei egal cu curentul de vîrf admis de tub, obținem în schemă un curent mediu mai mic decît cel admis de tub.

Deci vom lua curentul de vîrf al schemei egal cu curentul de vîrf admis de tub $i_v = i_{vt} = a$ și tensiunea inversă de vîrf a schemei egală cu tensiunea inversă maximă admisă de tub $U_v = U_{vt} = b$.

Schema diferențială. Avem $U_{M_d} = b$, iar din relația (7) obținem:

$$i_v = \frac{U_{M_d}}{R_e} = \frac{b\,(2R_d + R_m)}{R_d\,(R_d + R_m)} = a.$$

Efectuînd calculele, obținem o ecuație de gradul doi în R.

$$aR_d^2 + R_d\,(aR_m - 2b) - bR_m = 0.$$

Dacă împărțim cu a și notăm $c = \frac{b}{a}$ obținem:

$$R_d^2 + R_d\,(R_m - 2c) - cR_m = 0.$$

Rezolvînd ecuația, obținem rădăcina posibilă:

$$R_d = \frac{2c - R_m + \sqrt{4c^2 + R_m^2}}{2} = \frac{R_m}{2}\frac{2c}{R_m} - 1 + \sqrt{\frac{4c^2}{R_m^2} + 1} =$$

$$= \frac{R_m}{2}(2 - 1 + \sqrt{4\alpha^2 + 1}) \text{ unde am notat } \alpha = \frac{c}{R_m}. \tag{32}$$

Din relația (13), care dă amplificarea schemei, înlocuind pe R_d cu valoarea găsită, obținem

$$K_{ad} = \frac{b}{\pi U_{gM}\,(2\alpha + 1 + \sqrt{4\alpha^2 + 1})}. \tag{33}$$

Schema în punte. Cu relațiile (20) și (21), ținînd seama că $i_v = a$ $U_{2v} = b$, avem:

$$\frac{R_m\,U_M}{R_2 + R_m} = b\frac{R_m\,U_M}{R_2\,(R_2 + R_m)} = a.$$

Dacă împărțim cele două relații, membru cu membru, obținem:

$$R_2 = \frac{b}{a} = c. \tag{34}$$

Din prima relație scoatem valoarea tensiunii U_{M2}

$$U_{M2} = \frac{b\,(R_2 + R_m)}{R_m} = b\left(\frac{R_2}{R_m} + 1\right) = b\left(\frac{c}{R_m} + 1\right) = b(\alpha + 1). \tag{35}$$

Înlocuind valoarea tensiunii U_{M2} și rezistenței R_2 în relația (27), efectuînd simplificările și înlocuirile, obținem

$$K_{a2} = \frac{b}{2\pi\,U_{gM}\,(2\alpha + 1)}. \tag{36}$$

Schema cu sarcina în paralel. Avem de asemenea $U_{Mp} = b$. Din relația (30) care dă curentul de vîrf, înlocuind valoarea tensiunii și efectuînd calculele, obținem:

$$R_p = R_m\,(\alpha - 1). \tag{37}$$

Înlocuind valorile tensiunii și rezistenței în relația (13), care dă amplificarea schemei, obținem:

$$K_{ap} = \frac{b}{2U_{gM}} \cdot \frac{1}{\alpha}. \tag{38}$$

Pentru a putea compara parametrii obținuți vom raporta parametrii primelor două scheme, la parametrii schemei cu sarcina în paralel. Făcînd rapoartele între mărimile respective vom obține:

$$\frac{U_{Md}}{U_{Mp}} = 1\,\frac{U_{M2}}{U_{Mp}} = \alpha + 1 \tag{39}$$

$$\frac{R_d}{R_p} = \frac{2\alpha - 1 + \sqrt{4\alpha^2 + 1}}{2\,(\alpha - 1)}\,\frac{R_2}{R_p} = \frac{\alpha}{\alpha - 1} \tag{40}$$

$$\frac{K_{ad}}{K_{ap}} = \frac{2\alpha}{2\alpha + 1 + \sqrt{4\alpha^2 + 1}}\,\frac{K_{a2}}{K_{ap}} = \frac{\alpha}{(2\alpha + 1)}. \tag{41}$$

În fig. 15 s-a trasat grafic variaţia acestor funcţiuni de parametrul α.

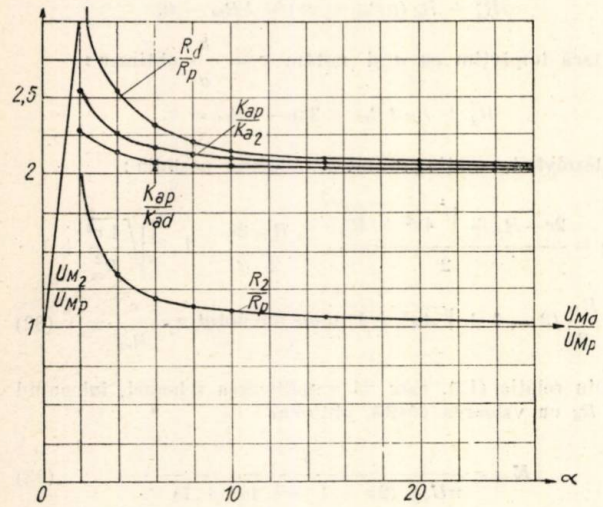


Fig. 15. Diagramele α.

Concluzii

Din studiul acestor curbe rezultă următoarele concluzii:

Schema cu sarcina în paralel dă cea mai mare amplificare. Amplificarea ei este de două ori mai mare decît a celorlalte scheme la α mari, iar la α mici creşte şi mai mult.

Amplificarea schemei diferenţiale este ceva mai mare la α mici şi egală cu a schemei în punte la α mari.

Schema cu sarcina în paralel şi cea diferenţială necesită tensiuni egale anodice pentru acelaşi tub, pe cînd schema în punte necesită tensiuni mai mari care cresc pe măsură ce creşte.

Schemele diferenţială şi în punte necesită rezistenţe anodice mai mari decît schema în paralel. La α mari, rezistenţa schemei diferenţiale este dublul rezistenţei R_p, iar R_2 este egală cu R_p. Rezistenţa R_d este mai mare decît R_2.

Cea mai bună schemă este deci schema cu sarcină în paralel, care are amplificarea cea mai mare, necesită tensiunea cea mai mică şi rezistenţa cea mai mică anodică.

Dintre celelalte două, schema diferenţială este preferabilă faţă de cea în punte, deoarece are amplificare ceva mai mare şi tensiune anodică mică. Dezavantajul ce-l prezintă, necesitînd o rezistenţă mare anodică, nu conduce la dificultăţi constructive mari.

Exemplu.

Se foloseşte tubul TGI—0,1/1,3 cu următoarele caracteristici:

curent anodic de vîrf	0,3 A;
curent anodic mediu	0,1 A;
tensiune inversă admisă	1 300 V;
cădere de tensiune pe tub	8 V;

şi o sarcină $R_m = 1\,000\ \Omega$.

Parametrii utilizaţi mai sus, în acest caz sînt:

$$a = 0{,}3\ \text{A};\quad b = 1\,300\ \text{V};\quad c = 4\,330\ \text{V/A};\ \alpha = 4{,}33.$$

Cu aceste date, obţinem rapoartele comparative din diagramele fig. 15

	U_M/UMP	$\frac{K_{ap}}{K_{ad}}$	$\frac{K_{ap}}{K_{a_2}}$	$\frac{R_d}{R_p}$	$\frac{R_2}{R_p}$
Schema paralel	1	1	1	1	1
Schema în punte	5,33	—	2,22	—	1,3
Schema diferenţială	1	2,12	—	2,46	—

Dacă luăm $U_{gM} = 4$ V, obţinem următorii parametri:

	$U_M[V]$	$R[\Omega]$	K_a
Schema paralel	1 300	3 330	12
Schema diferenţială	1 300	8 200	5,67
Schema punte	6 930	4 330	5,41

Acest exemplu confirmă concluziile de mai sus. Se remarcă în special amplificarea mare a schemei cu sarcină în paralel şi tensiunea mare pe care o necesită schema în punte.

BIBLIOGRAFIE

[1] MAIOROV: *Regulatori electronici*, Moscova, 1955.
[2] SOKOLOV: *Instalaţii electromecanice de comandă automată*, Moscova, 1951
[3] REŞETNIKOV: *Amplificatori-redresori sensibili la fază*, Moscova, 1955

Adunarea generală a I.F.A.C., care a avut loc în septembrie 1959, la Chicago

La invitaţia Consiliului american pentru control automat, I.F.A.C. a ţinut la Chicago prima sa adunare generală de la înfiinţarea sa în 1957. Sub preşedinţia lui H. Chestnut (S.U.A.), delegaţii a 13 organizaţii naţionale membre, autorizate să reprezinte încă alte cinci organizaţii membre, au decis elaborarea unui nou statut al I.F.A.C., au ales noi membri în comitetul executiv, au luat unele hotărîri în legătură cu pregătirea primului congres al I.F.A.C., care va avea loc la Moscova, de la 27 iunie la 6 iulie 1960, şi au stabilit şi alte chestiuni.

Statutul prevede o participare mai largă a organizaţiilor naţionale membre la alegerea membrilor comitetului executiv şi a preşedinţilor comitetelor tehnice. De asemenea, poziţia şi sarcinile comitetului consultativ şi ale comitetelor tehnice au fost mai precis conturate.

În baza noilor alegeri, consiliul executiv este compus în prezent din următorii membri:

Preşedinte: A. M. LETOV (U.R.S.S.); fostul preşedinte: H. CHESTNUT (S.U.A.): prim vice-preşedinte: E. GERECKE (Elveţia): vice-preşedinte secund: O. BENEDIKT (Ungaria); trezorier: M. CUENOD (Elveţia);

Membri:

J. G. BALCHEN (Norvegia); J. F. COALES (Marea Britanie); G. EVANGELISTI (Italia); K. KANESHIGE (Japonia); P.J. NOWACKI (Polonia); Z. TRNKA (R. Cehoslovacă).

D. P. ECKMAN (S.U.A.) va rămîne preşedinte al comitetului consultativ, iar J. LOEB (Franţa) a fost ales vice-preşedinte.

S-au dat instrucţiuni generale cu privire la activitatea comitetelor tehnice ale I.F.A.C. şi s-au propus noi membri în aceste comitete. Preşedinţilor comitetelor tehnice li s-a cerut să fixeze numărul de membri şi să-şi înceapă activitatea. Totuşi mai este posibil pentru organizaţiile naţionale membre să propună eventual alţi membri.

V. BROIDA (cetăţean francez) a fost numit redactor onorific.

În conformitate cu noul statut, secretarul nu mai este ales ci numit. La şedinţa sa din 18 septembrie 1959, comitetul executiv a reconfirmat pe G. RUPPEL (cetăţean german) ca secretar onorific.

Aproape 420 rezumate au fost trimise spre a fi prezentate la congresul de la Moscova din 1960. Dat fiind că această cifră este mult prea mare, numai vreo 300 de autori au fost invitaţi să-şi prezinte lucrarea în întregime. Datorită faptului că lucrările, cum şi discuţiile vor fi prezentate în limbile rusă şi engleză, luîndu-se în consideraţie şi retroversiunile în aceste limbi, credem că şi traduceri din şi în franceză şi germană vor fi posibile prin colaborarea frăţească între participanţii la congres. Cu cîteva luni înainte de data la care se va ţine congresul vor fi puse la dispoziţia participanţilor copii după toate lucrările, pentru a le da posibilitatea să se pregătească în vederea discuţiilor.

Înainte şi după adunarea generală, au avut loc şedinţe ale vechiului şi noului comitet executiv, cum şi o şedinţă neoficială a comitetului consultativ.

CRONICA

Sesiunea ştiinţifică unională cu prilejul centenarului naşterii inventatorului radioului, A. S. Popov

Organizată de Asociaţia tehnico-ştiinţifică pentru radiotehnică şi electrocomunicaţii „A. S. Popov"

CZ 621.396 : 061.3 : 92 „Popov A.S." (8)

Cea mai de seamă manifestare ştiinţifică în domeniul radiotehnicii şi electronicii în Uniunea Sovietică este Sesiunea ştiinţifică anuală pe care o ţine Asociaţia tehnico-ştiinţifică a inginerilor radiotehnicieni şi de electrocomunicaţii, care poartă numele lui ALEXANDRU STEFANOVICI POPOV. În acest an sesiunea s-a desfăşurat cu un fast deosebit, sărbătorindu-se 100 ani de la naşterea marelui savant rus, A. S. POPOV.

La organizarea sesiunii au luat parte, în afară de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor Radiotehnicieni şi de Electrocomunicaţii şi Comitetul de Stat de radio-electronică de pe lîngă Consiliul de Miniştri, Ministerul Comunicaţiilor, Ministerul Culturii, cum şi Consiliul Sovietic de Radiofizică şi Radiotehnică. Sesiunea s-a desfăşurat la Moscova între 8 şi 13 iunie 1959. Am avut sarcina plăcută de a reprezenta ASIT la această sesiune. Pe lîngă cei circa 2 000 participanţi sovietici au mai luat parte delegaţi străini. Astfel, printre aceştia am remarcat pe dr. L. ZEDEH de la Columbia University (S.U.A.), dr. N. MARKOVITZ, de la Polytehnical Institute of Brooklyn (S.U.A.), dr. L. ESSEN de la National Physical Laboratory (Anglia), dr. AIGLER de la Kammer der Technik (R. D. Germană), dr. P. ABALIE, preşedinte la Société de Radioélectriciens (Franţa), dr.R. WARNECK de la Companie générale de TSF (Franţa), dr. HU DEN KUAN, directorul Institutului de Radiotehnică din R. P. Chineză.

Printre oaspeţii sovietici au participat la conferinţă acad. Kotelnikov, directorul Institutului de Radiotehnică şi Electronică, prof. V. I. SIFOROV, preşedintele Asociaţiei „Popov", A. A. PISTOLKORS, acad. A. N. SCIUKIN, acad. V. PERIN, prof. L. GUTENMAHER şi alţii.

Preşedintele Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., acad. A. Nesmeianov a remis două medalii de aur „Popov", una prof. S. RITOV (U.R.S.S.) pentru lucrările publicate în problemele statistice ale radiofizicii şi alta prof. L. ESSEN (Anglia) pentru generatorul molecular pe care l-a realizat.

Programul sesiunii s-a desfăşurat simultan în 15 secţii: Teoria informaţiei, Antene, Semiconductoare, Receptoare, Comunicaţii pe fir, Televiziune, Electronică, Măsurători radio, Radiotehnică generală, Emiţătoare, Propagarea undelor, Microscop electronic, Radiodifuziune şi Electroacustică, Maşini electronice de calcul, Ferite. În aceste secţii s-au prezentat peste 350 comunicări. Dintre comunicările prezentate, menţionez cîteva.

Acad. A. N. SCIUKIN a arătat influenţa zgomotelor fluctuate asupra preciziei de determinare a unghiurilor şi distanţelor în radiolocaţie.

Acad. V. V. PARIN a prezentat aplicaţiile radioelectronicii în medicină şi biologie.

Prof. V. I. SIFOROV a arătat cum se prezintă în radiocomunicaţii teoria canalelor, în cazul cînd trebuie să se ţină seama de variaţia fluctuantă a parametrilor de transmisie.

Prof. A. A. PISTOLKORS a arătat unele rezultate noi obţinute de savanţii sovietici, în domeniul sintezei antenelor.

A. L. MIHAELIAN a dezvoltat o teorie neliniară pentru generatorii cu ferite.

I. ADIROVICI a arătat cum se nasc procese de relaxare, procese inductive în circuitele cu tranzi tori cu joncţiune.

O comunicare interesantă şi prin partea ei experimentală a fost a americanului V. HOLSTED care a arătat sistemele de radiodifuziune cu stereoscopie audio, cu modulaţie în frecvenţă, dezvoltate în S.U.A.

În paralel cu şedinţele de comunicări s-a organizat pentru străini un program de vizite la Institutul de Calcul, la Centrul de Televiziune, la Centrul de emisie pe unde scurte, la Institutul de Radiotehnică şi Electronică al Academiei de Ştiinţe, la Institutul de Fizică al Academiei, la Institutul Unificat de Cercetări Nucleare de la Dubna şi la Facultatea de Fizică a Universităţii „Lomonosov" din Moscova*).

Pentru ţara noastră este interesant a sublinia că şi în Uniunea Sovietică ca şi în alte ţări, radiotehnica şi electronica reprezintă un domeniu de metode ştiinţifice foarte important, atît pentru industrie, cît şi pentru cercetarea experimentală. În U.R.S.S., radioelectronica se plasează pe acelaşi nivel de importanţă ca şi automatica.

Am vizitat Institutul de Calcul al Academiei de Ştiinţe din Moscova, unde ni s-a arătat maşina electronică de calcul БЭСМ-2. Această maşină este un model nou al maşinii БЭСМ-1; s-a căutat în acest model să se mărească capacitatea memoriei. După cum se ştie, această maşină lucrează în sistem binar cu 32 semne, are circa 5 000 tuburi electronice şi încă cîteva mii de diode semiconductoare (germaniu). Consumă circa 50 kW şi părţile care se încălzesc sînt răcite prin curenţi de aer. Noul tip de maşină s-a construit în circa 1/2 an. Are un dispozitiv de intrare pe bandă perforată şi un dispozitiv de ieşire pe bandă de hîrtie imprimată cu cifre (15 numere/s). Are trei memorii: una pe bandă de magnetofon, una pe tambur magnetic şi alta pe ferite. Tamburul se învîrteşte cu 1 000 rot/min, are circa 50 cm lungime şi 40 cm diametru; este prevăzut cu de două ori cîte 100 capete de imprimare şi citire. S-au încercat pînă acum două tipuri de tambure. Memoria pe ferite are circa 80 000 elemente, fiecare cîte un tor de 2 mm diametru. Partea electronică, circuitele basculante, este lucrată în elemente uşor interşanjabile (sertare) în caz de defecţiune. Aceste circuite stabilesc legătura în 10 μs.

Una dintre cele mai interesante vizite le-am făcut la Institutul de Radiotehnică şi Electronică al Academiei de Ştiinţe din Moscova. El este instalat în centrul Moscovei, în vechea clădire a Universităţii, ocupînd circa 2 000 m². Directorul acestui Institut este academicianul V. A. KOTELLNIKOV şi este ajutat de D. V. ZORNOV, specialist în emisie electronică. În Institut lucrează circa 600 persoane, dintre care 200 cercetători, 30 dintre ei fiind doctori şi candidaţi în ştiinţe. Pe lîngă opt laboratoare de cercetări radiotehnice şi radiofizice, institutul mai are un bun atelier mecanic, un laborator de chimie şi un grup de cercetători teoreticieni care se preocupă cu problemele matematice intervenind în cercetările radiotehnice (probleme statistice, de calcul etc.).

În laboratorul de emisie electronică se studiază unele aspecte în termo-emisie, auto-emisie, foto-emisie şi emisie secundară. Se studiază experimental substanţe noi care dau emisii puternice, cum şi mecanismul acestor emisii. Astfel, în condiţii de impuls s-au realizat densităţi de emisie de ordinul 10 milioane A/cm². În regim staţionar, cu catode cu oxizi la 1 500° K s-au realizat 2 A/cm, iar în regim de impulsuri pînă la 20 A/cm²; condiţiile de evaporare sînt acceptabile. Pentru auto-emisie s-au folosit tungstenul şi tantalul care se topesc la temperaturi foarte ridicate. Termocatodele, pe lîngă o mare eficienţă, trebuie să mai aibă stabilitate la bombardament ionic sau electronic, să aibă o evaporare acceptabilă şi o mare emisie secundară. În acest laborator se studiază în special proprietăţile fizice ale emisiei, fără a se aplica acestea în construcţia catodelor; sînt alte institute care fac aceste aplicaţii. De aceea, în acest laborator s-a găsit nece-

*) În cele ce urmează se vor relata numai o parte din vizitele efectuate şi anume cele care prezintă un interes direct şi imediat pentru cititorii revistei „Automatica şi electronica" (*N. red.*).

sar să se cerceteze conductibilitatea catodelor şi temperaturile la învelişul catodei prin sonda cu cuple termoelectrice. Problemele de auto-emisie cer să se studieze densitatea de curent în raport cu cîmpul electric la suprafaţă ($2-3.10^7$ V/cm), cu temperatura şi cu alţi parametri. Tot în acest laborator se studiază emisia secundară, la o excitaţie prin flux electronic; se utilizează straturi subţiri de ordinul micronului, unde pătrunderea electronilor se face cam pe aceeaşi adîncime pe care se face şi emisia secundară. De pildă, pătura este de oxid de aluminiu pe aluminiu. Se realizează astfel amplificări de curent de ordinul 50—60. Problemele de foto-emisie se centrează în special pe crearea unui fotocatod sensibil numai în ultraviolet; ei se utilizează atît în foto-celule cu vid, cît şi în foto-multiplicatori. Un asemenea foto-multiplicator, avînd o multiplicare de 10^{10}, serveşte să transforme o cuantă de ultraviolet într-un impuls de tensiune de 100 V. S-au construit fotocatode care cu cinci cuante scot un electron; obişnuit, fotocatodele construite de Institut scot un electron cu 10—12 cuante. Cercetătorul principal este aici TEODOR MOISIEVICI LIFISIT.

Anexă la laboratorul de emisie este laboratorul de chimie care analizează, cercetează şi prepară sintetic substanţele necesare. Aici grupul tehnologic prepară oxizii de metale alcalino-pămîntoase, prepară pături subţiri de oxid de aluminiu, de oxid de bor, de siliciu etc., pentru studiul emisiei secundare. O altă grupă de chimie face analize de substanţe, o altă grupă face măsurători electrochimice şi în sfîrşit, o ultimă grupă prepară elemente speciale, cum sînt celulele Silion, care sînt traductoare foarte sensibile, chiar amplificatoare, traducînd variaţii mici de presiuni, temperaturi etc. în tensiuni electrice.

În laboratorul de tuburi comutatoare pentru automatică şi maşini de calcul am văzut cîteva tipuri de tuburi cu vid, în care fasciculul electronic este deviat în unele cazuri prin cîmp electric, în alte cazuri prin cîmp magnetic. Sînt similare cu trohotroanele. Fasciculul poate fi comutat pe două căi uneori, alte ori pînă la zece căi. Calea de curent este stabilită prin fasciculul electronic, care este în general de 5—20 mA; rezistenţa internă a căii este de cîteva mii de ohmi. Comutaţia se face în circa 1 μs.

Laboratorul de tuburi electronice de hiperfrecvenţe este condus de JAROTINSKI. Am văzut astfel un tub amplificator de bandă largă numit spiratron, în care se formează, prin tunul electronic, un fascicul elicoidal, care călătoreşte apoi într-un sistem coaxial. Un asemenea tub de pildă lucra în banda 8—21 cm, dădea o amplificare de 30 dB şi avea un colector de 10 W. Am mai văzut un tub rezonator, cu un fascicul electronic centrifugal; tubul era denumit anticlistron, întrucît aici cavităţile cu cîmp erau înlocuite de fasciculul centrifugal electronic. La aceste tuburi se poate aplica o reacţie şi se pot astfel realiza oscilatori. S-a studiat teoretic şi posibilitatea de a amplifica energia de înaltă frecvenţă în tuburi ionice cu plasmă; în aceste tuburi volumul plasmei este limitat la un cilindru cu ajutorul unui cîmp magnetic şi a unuia electric, aşa încît se obţine o mare densitate a sarcinilor. S-au început în această direcţie şi încercări experimentale. Se speră să se construiască tuburi pentru unde centimetrice în domeniul 0,8—25 cm, cu amplificări de 40 dB, cu zgomot acceptabil. În acest laborator se mai studiază trecerea undelor electromagnetice (de ordinul cm), prin plasmă spre a se trage concluzii utile asupra posibilităţilor de utilizare a acestor unde, la distanţe mari.

În laboratorul de ghiduri de undă se studiază transmisia în mod H_{01}, în conducte circulare. În special se studiază undele de 8 mm. Se caută să se stabilească condiţiile de propagare, pierderi pentru realizarea de linii lungi. În laborator s-a construit o asemenea linie de 60 m, cu pierderi de 2,5 dB/km. Se studiază aici probleme constructive ale ghidului, cum şi amplificatoare liniare de 90 dB, prin tuburi cu unde progresive. Se speră să se poată realiza în modul acesta comunicaţii la mare distanţă — pînă la 10 000 km — cu staţii releu din 50 în 50 km. Trebuie încă făcute eforturi pentru coborîrea pierderilor la 1—1,5 dB/km.

Laboratorul de radiocomunicaţii este condus de SIFOROV, membru corespondent al Academiei de Ştiinţe. Aici se atacă probleme de teoria informaţiei şi probleme de comunicaţii prin troposferă.

S-a studiat teoretic problema însumării semnalelor care sosesc la recepţie ale undelor scurte pe căi diferite, cu parametrii variabil aleatoriu. S-a căutat să se tragă concluzii în privinţa capacităţii de trafic a unei asemenea legături. Apoi se caută să se privească prin teoria informaţiilor, codurile telegrafice utilizate în relaţii comerciale. Aceste coduri nu sînt binare, ci au mai multe elemente în codaj. Un domeniu recent de lucru pentru acest laborator a fost studiul condiţiilor de propagare prin troposferă; un aspirant şi-a luat de curînd candidatura cu acest subiect.

În laboratorul de semiconductoare se fac cercetări pentru obţinerea de monocristale de germaniu, injecţie de impurităţi, studiul efectelor lor asupra densităţii găurilor, determinarea timpului de viaţă a purtătorilor, determinarea adîncimii de difuzie etc. Am văzut aici cum se trag cristalele de germaniu. Am văzut apoi cum se prepară siliciul pur din monosilan, prin metoda de descompunere termică. Şi în cazul siliciului se introduc impurităţi şi se studiază efectele. O grupă în acest laborator studiază utilizarea diodelor cu joncţiune şi cu vîrf, ca detectoare pentru unde de ordinul cm. S-a constatat că timpul de viaţă al purtătorilor este de ordinul 10^{-10} s la germaniu şi de 10^{-11} la siliciu. Aici lucrează cercetătoarea SKVOSTOVA, sub conducerea lui PENIN.

În laboratorul de generatoare de unde centimetrice şi mai jos, s-a construit în primul rînd un multiplicator de frecvenţă foarte curat ($n = 5$), folosind, două etaje acordate anodic, dintre care primul are un circuit de decuplaj *R-C* special calculat. Astfel, plecînd de la 170 kHz (cuarţ) se ajunge la 9 000 MHz (circa 3 cm) prin $N = 53\,000$ — nouă etaje. Conducătorul laboratorului este SEBATINSKI. În acest laborator se fac încercări cu doi generatori moleculari, unul cu amoniac, altul cu vapori de cesiu, studiindu-se influenţa diverşilor parametri.

În laboratorul de propagare a undelor se studiază de patru ani propagări în troposferă. Astfel s-a studiat prin radio reflecţie efectul neregularităţilor dielectrice în troposferă, pînă la 6 km înălţime. Se propun acum încercări şi cu avionul. Apoi, cu ajutorul acad. VEDENSKI s-a studiat teoretic propagarea la mare distanţă în troposferă, ţinînd seamă de difracţia undelor. S-au făcut şi unele încercări experimentale cu $\lambda = 30$ cm, la distanţe de 400 km. Este în curs strîngerea materialului statistic ridicat.

La Institutul de Fizică „P. N. Lebedev", al Academiei de Ştiinţe, este director acad. SKOBELŢIN, iar director adjunct BASOV.

Institutul este instalat într-un frumos imobil, construit special. Institutul are următoarele laboratoare: laboratorul de acceleratori (cel mai mare) condus de acad. VEXLER; în acest laborator lucrează CERENKOV (laureat al premiului Nobel); laboratorul nuclear, sub conducerea membrului corespondent FRANK (laureat al premiului Nobel); grupul teoretic sub conducerea acad. TAMUR şi BOLDIN; două laboratoare de raze cosmice, unul sub conducerea lui ALIHANIAN şi altul sub conducerea lui DOBROTIN; laboratorul de semiconductoare condus de VUL; laboratorul pentru dielectrici condus de membrul corespondent SKANANI; ca şi laboratorul optic, laboratorul de oscilaţii, laboratorul de temperaturi coborîte.

S-au făcut vizite numai în laboratoarele unde există probleme de electronică şi radiofizică. Astfel am fost în laboratorul de spectro-radioscopie, unde se studiază spectrul rotitor al moleculelor, rezonanţa paramagnetică, aşezarea ionilor în cristale, procese de relaxare a moleculelor, oscilatori moleculari. Am văzut astfel acolo oscilatori cu amoniac (trei bucăţi) continuu vidaţi. Conducătorul grupei de rezonanţă paramagnetică este dr. VLADIMIRSKI. Pentru oscilatorii cu amoniac se fac măsurări de stabilitate a frecvenţei, cu presiuni de 10^{-10}; se utilizează şi un oscilator bine stabilizat cu cuarţ (instalaţii precise de măsură a frecvenţei se găsesc la Kiev, la Institutul Sternberg). La oscilatorii moleculari am remarcat aparatura complexă de menţinere automată a temperaturii.

Am vizitat o altă grupă care lucra la măsurarea spectrului de rotaţie a moleculelor CSi şi CG, unde se pune problema de a măsura lungimi de undă pînă la 5 mm.

O altă problemă era crearea de rezonatoare cavităţi, clistron; azi se lucrează cu $\lambda = 8$ mm, însă vor să se coboare la $\lambda = 2$ mm. Am văzut un asemenea rezonator lucrînd pe

$\lambda = 8$ mm în funcţiune, format din două capace de circa 15 cm ∅, terminate fiecare pe un ghid. Capacele sînt paralel, favorizează un singur mod de oscilaţie cu Q bun. Toţi cei prezenţi : sovietici, englezi, americani au discutat funcţionarea rezonatorului, fără totuşi să-şi poată explica Q-ul bun care se găseşte ; se ştie numai că este un proces de difracţie şi restul ipoteze ştiinţifice. Problema este deschisă. Rezonatorul acesta a fost construit empiric, pe observaţii experimentale. În alte două camere am văzut instalaţii de rezonanţă paramagnetică, lucrînd la diverse temperaturi (temperatura camerei la temperatura heliului lichid). Se măsoară timpurile de relaxare. Mai erau acolo radio-spectroscoape cu linii de transmisie sub formă de ghiduri, cuplate cu cavităţi rezonatoare, de secţiune dreptunghiulară. Se lucrează în cîmp magnetic, folosindu-se electromagneţi răciţi cu apă. Era şi un radio-spectroscop de tip superheterodină.

Am vizitat apoi sectorul de plasmă, la temperaturi coborîte. Acolo am văzut un aparat curios : o ţeavă metalică de 12—15 cm grosime, în diagonala unei camere de 5 × 5 ; pe ţeavă numeroase aparate pentru măsura presiunii, temperaturii, potenţialului electric etc. La un capăt al ţevii se introduce, de pildă, gaz sub presiune (hidrogen la 150 at) şi gazul călătoreşte prin diverse secţiuni ale tubului secţiunii separate prin diafragme reglabile. Gazul îşi pierde treptat presiunea şi se măreşte viteza moleculelor. Ele se ciocnesc cu un curent invers de azot şi în diferite regiuni — prin acţiunea unor cîmpuri electrice — se formează plasme la diverse temperaturi, la diverse presiuni, cu diverse densităţi. Se mai introduce uneori cîte un gaz nobil, xenon, neon etc. Se lucrează la temperaturi de 4 000—40 000°K. Pentru măsurarea temperaturii se folosesc şi metode optice spectroscopice. Tot aşa se măsoară concentrarea particulelor în plasmă. Ni s-a arătat apoi o altă grupă care lucra la rezonanţa nucleară magnetică. Piesa principală era electromagnetul, care pe de o parte a fost lucrat cu multă grijă pentru a realiza o uniformitate a cîmpului între poli (bobine de corecţie) şi pe de altă parte este alimentat cu un curent bine stabilizat ($1/10^6$). Uniformitatea cîmpului în întrefier este de $1/10^6$ într-un cm^3. Se utilizează pentru măsurarea frecvenţei un oscilator bine stabilizat cu cuarţ.

În laboratorul de semiconductoare, condus de VUL, se lucrează atît semiconductoare, cît şi ferite. Acest laborator şi-a început cercetările acum zece ani ; la început a avut probleme cu caracter tehnic şi apoi, treptat, a trecut la probleme de clarificare a proceselor fizice. Se studiază în prezent joncţiunea p-n în primul rînd procesul de străpungere ; s-a găsit că el este un proces similar străpungerii gazelor în cîmp electric. S-au făcut recomandări industriei pentru construcţia diodelor redresoare. O a doua problemă este studiul proceselor la suprafaţa semiconductoarelor, atunci cînd se aplică un cîmp electric perpendicular. Se constată modificarea reliefului de potenţial, a nivelelor de energie. Toate acestea se studiază şi în cazul prezenţei diferitelor gaze dizolvate la suprafaţă. A treia problemă este studiul fizic al suprafeţei semiconductoarelor, atunci cînd această suprafaţă este bombardată cu raze. A patra problemă este studiul fizic al materialelor feroelectrice (electreţi) ; efectul de scurtcircuitare sau de lăsare în gol, asupra timpului de viaţă a electretului. Sînt în acest sector electreţi cu vîrstă de zece ani. Se studiază şi domeniile în structura materialului feroelectric. În acest laborator sînt 60 persoane, dintre care 20 cercetători. Unul din rezultatele concrete obţinute aici este dovada experimentală că în procesul de ionizare în semiconductor sînt de aceeaşi importanţă găurile şi electronii, pe cînd în descărcarea în gaze, electronii au rolul important în ionizare. Într-una din încăperi am găsit o instalaţie pentru măsura fotoefectului la suprafaţa semiconductoarelor intrinseci ; de asemenea, pentru măsurarea efectului, cînd se aplică un cîmp electric normal pe suprafaţă. Apoi în altă cameră l-am găsit pe dr. VAVILOV (fiul) care bombardează cristalele cu fluxuri de neutroni şi studiază procesele de recombinare la nivele coborîte ; se mai caută să se determine defectele în cristal (efect Frankel) prin metode speciale, utilizînd un spectrometru, cu amplificator de curent continuu. Se mai studiază efectul impurităţilor în fotoconductibilitate, pe cristale de siliciu foarte subţiri. Sursa de neutroni era stronţiul de 1,5 Curie.

În altă cameră am văzut cum se cresc şi se trag cristalele de cuarţ (cu purităţi 10^{-12}), rezistenţe specifice de 60Ω cm. De pildă, un cristal de germaniu se trage în circa o oră. Pentru purificare se mai utilizează metoda zonală, încălzirea făcîndu-se în înaltă frecvenţă. Acolo se elaborau şi cristale de titanat de bariu. Apoi am trecut în laboratorul de dielectrici al dr. SKANAVI, unde se studiază în principal patru probleme : studiul polarizaţiei dielectricilor, străpungerea în cristale ionice, noi tipuri de electreţi anorganici şi studiul feritelor mono şi policristaline. Laboratorul acesta are un atelier mecanic, o instalaţie de raze X şi un mic laborator de chimie. În problemele de studiu al polarizaţiei unor dielectrici, s-a studiat reţeaua şi s-a constatat că defecte mici în reţea dau variaţii mari în tensiunea de străpungere. S-au studiat aici şi proprietăţile titanaţilor ca dielectrice în condensatoare. La cristalele alcaline s-au studiat pierderile, conductibilitatea, în domenii largi de frecvenţă (pînă la 10^{10} Hz) şi în domenii largi de temperatură (de la heliu lichid la +400°C). Acum se construieşte un aparat nou pentru studiul proprietăţilor dielectricelor în domeniul frecvenţelor înalte. Se va utiliza un spectrometru cu difracţie, în banda 50—2 000 microni ; el are mare sensibilitate, fiind prevăzut cu un bolometru lampă cu Hg şi înregistrare automată. Aici se prepară electreţi anorganici (titanate de bismut) ; întotdeauna trebuie ca discul să fie ceramic, foarte bun izolator electric la temperaturi înalte. În a doua problemă a acestui laborator — străpungerea dielectricelor — s-a ajuns la concluzia că străpungerea depinde de doi factori : temperatură şi defecte. Se studiază acum cîmpul de emisie la catod în cristale alcaline, în regim de impulsuri.

În domeniul feritelor se lucrează cu mono şi bimetale. Se studiază ferorezonanţa cu şi fără cîmp magnetic. Ferorezonanţa se poate modifica prin temperatura la care se lucrează. În acest laborator am văzut construindu-se diferite aparate de măsură a proprietăţilor dielectrice în înaltă frecvenţă pînă la $\lambda = 8$ mm şi la temperaturi ridicate. Am văzut electreţi stabili de doi ani, tensiuni 100—300 V. S-au dezvoltat aici metode de măsură statică şi dinamică a proprietăţilor electreţilor. S-au construit microfoane.

Biblioteca Institutului este vestită ca cea mai bună bibliotecă de fizică din Moscova ; are circa 200 000 cărţi şi reviste.

În altă vizită pe care am făcut-o la Facultatea de Fizică a Universităţii „Lomonosov" ni s-au dat detalii în special în ce priveşte partea de electronică. La Universitatea din Moscova, Facultatea de Fizică este cea mai importantă. Ea are un corp de clădire special. Numărul de studenţi la cursurile de zi este de circa 2 500, repartizaţi în 5 1/2 ani, adică circa 450 pe an. Are patru secţii de specializare : structura materiei (fizică nucleară, corp solid, optică, spectroscopie, fizică moleculară, fizica temperaturilor joase) ; radiofizică ; geofizică ; astronomie.

În localul pe care l-am vizitat sînt instalate laboratoare didactice şi de cercetare. Fizica nucleară mai are un local special de laboratoare ; de asemenea astronomia. Cursurile sînt comune la toate specialităţile, în primii 2 1/2 ani.

Problemele principale de cercetare sînt în prezent :
fenomene la hiperfrecvenţe ;
utilizarea semiconductoarelor ;
sisteme cu parametri variabili ;
procese de stabilitate în automatică.

În cei 5 1/2 ani, studentul este obligat să audieze 6 000 ore, dintre care 60% sînt cursuri generale şi practice, iar 40% sînt cursuri speciale. Laboratorul de fizică se face anul I şi II. În anul II (sem. II) şi anul III, studentul face ore de practică (în laborator), construind singur aparate electronice simple. Fiecare student construieşte alt aparat (48 ore). Lucrările de laborator sînt multiplicate atunci cînd ele sînt fundamentale. Sînt pe mese multe lucrări gata montate ; nu la toate va lucra fiecare student, ci pe alese într-o ordine stabilită. Deci, sînt unele experienţe efectuate de unii şi altele de alţii.

La catedra de electronică sînt numeroase instalaţii de vid, unele portabile. Aici se construiesc catode, fotocatode, tuburi. Am vizitat laboratorul de semiconductoare (montaje), de hiperfrecvenţe (magnetron, clistron), de impulsuri, de microscopie electronică etc. Am vizitat trei mari amfiteatre, în care se pot face experienţe de fizică, cum şi depozitul cu aparate de demonstraţie. Amfiteatrul cel mare are 500 locuri,

iar celelalte cîte 300 locuri. În aceste amfiteatre am găsit comenzi automate pentru lumină, pentru transperante la geamuri, pentru ecran de proiecţie etc.

Facultatea de fizică este instalată pe 5 etaje, are 30 de catedre şi 45 laboratoare.

Prof. dr. ing. T. TĂNĂSESCU
Membru corespondent al Academiei R.P.R.

COMENTARII

Uzinele ZEISS în statul socialist

În 99 ani de existenţă, uzinele Zeiss şi-au cîştigat gloria mondială a numelui său şi faima mondială a aparatelor sale în proiectarea şi construcţia aparatelor de mecanică fină şi optică datorită aportului ştiinţific şi tehnic a mai multor generaţii de oameni de ştiinţă şi ingineri, prin excepţionale aprecieri, ale miilor de specialişti de toate profesiile, asupra calităţii îmbunătăţite din generaţie în generaţie şi preciziei lucrului.

În aceşti 99 ani ai existenţei sale capitaliste, capacitatea şi talentul muncitorilor, maiştrilor, inginerilor şi oamenilor de ştiinţă au fost folosite abuziv pentru afacerea înarmării şi de două ori, prin concernul Zeiss, pentru pregătirea şi ducerea a două războaie mondiale.

La sfîrşitul acestor 99 ani, la sfîrşitul războiului fascist, 1945, aproape 40% din clădirile uzinei Jena au fost distruse sau grav avariate; după intrarea trupelor americane de ocupaţie, patentele, întreaga arhivă cu toate desenele pentru aparate, maşinile, instrumentele şi dispozitivele, toate cărţile şi tipăriturile speciale ale bibliotecii tehnice s-au pierdut. În ziua celei de a 100-a aniversări a existenţei sale, uzina era tocmai în curs de demontare ca urmare a hotărîrii Comisiei aliate superioare de control, de atunci.

Datorită forţelor proprii ale oamenilor muncii de la VEB Carl Zeiss Jena, datorită ataşamentului muncitorilor, funcţionarilor, tehnicienilor, inginerilor şi oamenilor de ştiinţă faţă de uzina lor, datorită forţelor orînduirii noi democratice, cu sprijinul guvernului Republicii Democrate Germane şi cu ajutorul plin de înţelegere al guvernului Uniunii Sovietice, s-au ridicat din nou nu numai halele de producţie distruse sau clădirile grav avariate, dar şi laboratoarele de cercetări şi proiectări, birourile de construcţii şi locurile de producţie au fost utilate şi echipate mai modern decît anterior. Au fost create multe amenajări sociale care nu au existat pe vremea exploatării concernului Zeiss. Despre această reconstrucţie a scris ziarul „Die Welt" din Hamburg în numărul său din 14 aprilie 1955: „Nici o minune economică vestgermană nu este mai minunată decît această realizare".

În cei zece ani ai existenţei sale socialiste după 1949, uzina a crescut ca mărime şi producţie ceea ce a sporit renumele şi faima aparatelor sale aşa cum nu era niciodată posibil sub exploatarea concernului.

18 500 salariaţi ai uzinei, din care 12 000 muncitori şi maiştri de înaltă calificare şi 2 300 laboranţi, laborante, desenatori tehnici, constructori, ingineri de cercetare, proiectare, tehnologie şi oameni de ştiinţă din toate ramurile ştiinţelor naturii şi tehnice justifică şi creează mereu înaltul nivel tehnico-ştiinţific, calitatea cunoscută şi apreciată şi precizia aparatelor Zeiss vechi şi noi.

Faţă de cel mai bun an comercial pe timp de pace, dintre cele două războaie mondiale, numărul salariaţilor uzinei este aproape dublu, producţia a crescut de 3,4 ori şi exportul este de 3,8 ori mai mare.

Mai mult de 4 000 unităţi de desfacere, 448 aparate complete din care 236 elaborate pentru prima oară după 1948 numără astăzi programul larg de fabricaţie al uzinei Carl Zeiss Jena. Domeniile ştiinţifice şi de aplicaţie largi cuprind microscoape pentru toate metodele microscopice şi toate scopurile de lucru, aparate de măsură optice, aparate tehnice pentru măsurători de precizie, aparate astronomice, fotoobiective şi aparate de proiecţie, aparate oftalmologice, ochelari şi lentile de ochelari ş. a. Din 1949 a fost dezvoltat simţitor şi lărgit cu mult succes programul de fabricaţie cu domeniile: corecţia cristalelor, microscopie electronică, tehnica ultrasunetelor, tehnica vidului, elemente fotoelectrice, termoelemente, aparate pentru fizica şi tehnica nucleară, elemente de circuit şi de măsură de precizie pentru tehnica măsurii, controlului şi reglajului acţionărilor, construcţia maşinilor electronice de calcul în special pentru scopuri tehnico-ştiinţifice, fabricaţia aparatelor medicale, aparate cinematografice, microaparatul de fotografiat WERRA şi construcţia micromotoarelor.

Guvernul R.D.G. a pus la dispoziţia uzinei pentru cercetarea a 3128 teme în laboratoare, birouri de calcul şi proiectare, staţii experimentale, laboratoare tehnologice şi în locuri de producţie a construcţiilor experimentale, în anii 1949 — 1959 mai mult de 182 000 000 DM.

După cum cresc rapid cunoştinţele de ştiinţele naturii, în zilele noastre, după cum progresează, pe aceste baze, tehnica, tot aşa se lucrează în uzinele socialiste Carl Zeiss Jena necontenit la cercetarea, proiectarea şi fabricaţia aparatelor corespunzătoare celui mai înalt nivel tehnico-ştiinţific.

Încă în 1959 se vor da în fabricaţie 21 proiectări noi şi 22 în 1960. În laboratoarele de cercetări şi în birourile de proiectări se lucrează actualmente la 459 teme ale planului de cercetări şi proiectări. Datorită unui strîns schimb de idei şi experienţă cu specialiştii Uniunii Sovietice şi celorlalte ţări socialiste sînt excluse proiectări duble. Astfel, prin stimularea şi valorificarea reciprocă, lucrările de cercetare şi proiectare din toate ţările socialiste sînt accelerate. Asupra centrilor de greutate ai dezvoltării muncii ştiinţifice a uzinei există, pe o lungă perioadă, o viziune clară.

11 459 muncitori iau parte din 1948 la lărgirea şi ameliorarea progresului tehnic-ştiinţific prin propuneri de îmbunătăţiri şi inventii dovedind prin aceasta, prin aplicarea metodelor înaintate şi prin marile realizări în întrecerea socialistă, puterea creatoare a muncii eliberate de exploatare.

În 91 ţări ale globului, aparatele Zeiss-Jena sînt apreciate şi preferate de către cei ce le folosesc. Multe din aceste aparate sînt cele mai înalte produse sau aparţin nivelului mondial celui mai înalt.

Pentru export şi pentru realizarea programului în industria chimică, uzinele Carl Zeiss Jena au de realizat proiecte tehnico-ştiinţifice, şi sarcini de producţie mari în cadrul îndeplinirii prevederilor economice de bază şi ale planului septenal al Republicii Democrate Germane. Pentru asigurarea realizării lor, se creează în uzină brigăzi complexe din ce în ce mai multe, compuse din muncitori, maiştri, tehnologi, constructori şi oameni de ştiinţă care prin muncă colectivă vor realiza recepţionarea aparatelor noi ale acestui an pînă la a 10-a aniversare a Republicii Democrate Germane. Aceste mari sarcini vor fi realizate cu conştiinţa de a servi prin ele menţinerea păcii, bunăstarea şi fericirea poporului.

Misiunea paşnică a uzinelor Zeiss-Jena este şi rămîne: să stimuleze progresul ştiinţei şi tehnicii; să contribuie la sănătatea publică şi la îmbogăţirea vieţii culturale a oamenilor.

Dipl. — Ing. Dr. H. SCHRADE
Directorul VEB Carl Zeiss Jena

RECENZII

CZ 621.396.933 :621–52 :681.142–523.8

GHINZBURG S. A.: **Circuitele neliniare şi caracteristicile lor funcţionale**. Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1958, 152 p..

Importanţa circuitelor şi elementelor de circuit neliniare în cele mai noi ramuri ale tehnicii moderne cum sînt : automatica, telemecanica, electronica, tehnica maşinilor calculatoare etc. nu mai este necesar să fie subliniată. Interesul teoretic şi practic imens pe care-l prezintă neliniarităţile în electrotehnica modernă nu este nici pe departe compensat de lucrări corespunzătoare, mai ales în domeniul teoriei, datorită dificultăţilor matematice. Faptul că în circuitele neliniare nu este valabil principiul superpoziţiei, că pentru ele nu există demonstrate teoreme de unicitate a soluţiilor, are drept urmare că în anumite cazuri nici nu ştim dacă problemele în legătură cu calculul acestor circuite sînt puse corect sau nu. De aceea orice contribuţie indiferent de volum şi pretenţii trebuie cercetată cu atenţie, literatura de specialitate fiind încă mult prea săracă în acest domeniu. Ştiinţa sovietică are şi în acest domeniu un rol de frunte, reliefîndu-se în special lucrările lui Andronov, Bogoliubov, Mitropolski şi ale autorului lucrării recenzate.

Lucrarea de mici proporţii pe care o recenzăm se referă la un număr restrîns de probleme şi anume :

a) se studiază în special dipolii neliniari de tipul rezistoarelor semiconductoare, bobinelor cu miez feromagnetic şi condensatoarelor cu ferodielectrici ;

b) se studiază numai regimul permanent în curent continuu şi alternativ al circuitelor şi reţelelor alcătuite din elementele enumerate mai sus ;

c) studiul în curent alternativ se face prin liniarizarea caracteristicilor pentru frecvenţe constante, obţinîndu-se deci regimuri sinusoidale echivalente ;

d) dintre aplicaţiile multiple ale elementelor neliniare de circuit se analizează numai : stabilizatoarele şi indicatoarele de tensiune, releele fără contacte, traductoarele funcţionale şi schemele de multiplicare şi diviziune. Sistemele modulatoare şi demodulatoare, amplificatoare, oscilatoare etc. nu sînt studiate în lucrare. Problemele alese s-au impus de la sine deoarece principala metodă utilizată de autor pentru calculul acestor circuite constă în aplicarea teoremelor generatorului echivalent de tensiune şi curent.

Lucrarea conţine un capitol introductiv în care după o clasificare a elementelor neliniare de circuit se prezintă principalele caracteristici statice şi dinamice ale acestora. Se analizează principalele teoreme ale circuitelor electrice liniare care rămîn valabile şi în cazul circuitelor neliniare, insistîndu-se în mod deosebit asupra teoremei compensaţiei care uşurează de multe ori calculele. Capitolul se încheie cu cîteva consideraţii privitoare la parametrii relativi ai circuitelor neliniare şi la singularităţile caracteristicilor acestor circuite. În capitolul al doilea sînt analizate principalele metode de calcul ale acestor circuite cu referire specială la metoda grafico-analitică, pe baza căreia se indică modul de determinare a caracteristicilor circuitelor neliniare, calculul efectelor stabilizatoare şi de releu şi cîteva cazuri de sinteze de circuite neliniare simple. Ultimele două capitole conţin un studiu amănunţit al realizării circuitelor funcţionale şi a circuitelor multiplicatoare şi divizoare a căror utilitate în schemele de automatizări şi în modelele electrice le situează pe primele planuri ale tehnicii actuale. O bibliografie de 124 de lucrări sovietice şi străine încheie lucrarea.

Prin conţinutul său cartea recenzată prezintă interes în primul rînd pentru inginerii tehnicieni care lucrează în domeniul automaticii şi telemecanicii. Ea conţine şi elemente teoretice noi care îmbogăţesc electrotehnica circuitelor neliniare.

Cand. şt. tehn. ing. A. ŢUGULEA

GHITIS E. I. : **Electroradioautomatica**. Gosenergoizdat, Moscova 1959, 424 p.

Lucrarea prof. E. I. GHITIS are subtitlul „Elementele dispozitivelor de automatizare şi calcul ale instalaţiilor radio folosite de aviaţie". Totuşi, conţinutul cărţii este mai larg decît ar rezulta din acest subtitlu ; în acelaşi timp însă, autorul nu intră în detaliile de strictă şi restrînsă specialitate la care ne-am fi putut aştepta. De fapt, cartea reprezintă o introducere în problemele utilizării tehnicii reglării automate în aviaţie.

Conţinutul cărţii este împărţit în două părţi. Prima parte („Dispozitive de automatizare") are drept scop prezentarea elementelor de bază ale tehnicii reglării automate, întîlnite în aviaţie. În cap. I sînt tratate sistemele pentru comanda antenelor ; aici sînt descrise metodele de explorare a spaţiului, acţionarea şi stabilizarea antenelor, elementele componente ale sistemelor de comandă. Cap. II este dedicat sistemelor de teletransmisie, cu alimentare în curent continuu şi curent alternativ. Cap. III constituie o introducere în teoria servomecanismelor de mică putere : sînt descrise elementele traductoare, amplificatoarele electronice, semiconductoare şi magnetice. În cap. IV sînt tratate servomecanismele folosite în aviaţie şi radiolocaţie — sisteme pentru transmiterea măsurătorilor, sinteza servomecanismelor, studiul parametrilor servomecanismelor pe baza caracteristicilor de frecvenţă, exemple de calcul.

Partea a doua a volumului cuprinde problemele maşinilor electronice de calcul. În cap. V sînt prezentate elementele principale ale calculatoarelor analogice specializate. Se analizează pe larg potenţiometrii ca elemente de calcul analogic şi se dau metode pentru calculul potenţiometrilor liniari funcţionali. Apoi autorul tratează funcţionarea şi construcţia transformatoarelor rotative, cum şi cele mai importante scheme de conectare şi alimentare a acestora. Sînt prezentate de asemenea generatoarele tacometrice de curent continuu şi curent alternativ. Cap. VI tratează executarea operaţiilor matematice cu ajutorul calculatoarelor analogice. Sînt expuse metodele de adunare şi scădere, înmulţire şi împărţire, operaţii trigonometrice şi vectoriale, derivarea şi integrarea etc. Cap. VII conţine pe scurt sinteza calculatoarelor analogice. Se dau principii generale pentru proiectarea calculatoarelor şi considerentele principale pentru alegerea factorilor de scară. În cap. VIII sînt tratate calculatoarele numerice. Aici autorul expune principiile maşinilor de calcul numerice, apoi descrie elementele şi dispozitivele de memorizare, elementele logice, dispozitivele aritmetice şi dispozitivele de comandă şi control. Se prezintă aplicaţiile calculatoarelor numerice în sistemele de reglare automată şi se face o comparaţie între cele două tipuri de maşini de calcul. Materialul este expus la un nivel ştiinţific într-o succesiune logică şi ordonată. Sînt date exemple pentru ilustrarea considerentelor teoretice.

Comparînd această lucrare cu alte volume similare, trebuie remarcat că deşi problemele sînt expuse prin prisma utilizării lor mai ales în radiolocaţie, se dă totuşi o prezentare destul de largă a chestiunilor de bază, care sînt generale, de exemplu pentru toate ramurile automaticii. De aci rezultă poate şi un anumit inconvenient : cititorul care se interesează în primul rînd de teoria reglării automate nu va găsi o dezvoltare prea amplă, iar pe de altă parte, pentru specialistul în tehnica reglării automate metodele de experimentare şi proiectare rămîn insuficiente. Este necesar însă să se ţină seama că autorul şi-a conceput cartea în primul rînd ca manual auxiliar pentru studenţi şi pornind de la această idee, se poate spune că el a pus la îndemîna inginerilor-aviatori care se specializează în automatică, o lucrare utilă. Va fi interesant de urmărit cum a fost primită cartea în instituţiile de învăţămînt superior şi ce rezultate a dat în munca studenţilor şi cadrelor didactice. Fără îndoială însă, lucrarea lui E. I. GHITIS constituie o experienţă care merită să fie reţinută.

Ing. M. BERLADSCHI

Index de subiecte

Accelerare
particule încărcate 2/80
Acceleratoare
ciclic — lineare, electron 2/96
Acţionare
electronică, caracteristici statice şi dinamice 1/17
Algebră
scheme cu contacte şi relee, dezvoltare în R.P.R. 4/152
Alternator
autoexcitat, reglare automată a tensiunii 2/56
Amplificatoare
ionice sensibile la fază, cu sarcină rezistivă 6/271
cu reacţie negativă, stabilitate 5/221
rotative 1/48
tensometrice cu detector în „inel" 5/211
Aparate
pentru automatizare, fabricare în R.P.R. 1/3
electronice, efectul radiaţiilor asupra lor 2/92
— , în sateliţi artificiali şi nave cosmice sovietice 6/233
ionice, circuite de alimentare şi comandă 1/47
ASIT
zece ani activitate pentru construirea socialismului 4/198
Automatică
congres I.F.A.C. (Federaţia internaţională de automatică) realizări romîneşti la Institutul unificat de cercetări nucleare de la Dubna 4/184
Automatizare
aparatură, fabricare în R.P.R. 1/3
conferinţe în R.P.U. 3/141
creştere productivitate muncă, consfătuire 5/210
cuptoare industriale 6/236
în extracţie, transportul şi distribuţia gazului metan 3/104
în industria minieră 1/4
industrială în R.P.R. 4/147, 4/160
producţie în economie socialistă 3/97
tracţiune Diesel-electrică 6/241
Calculatoare
analogice, electronice, elemente de rezolvare 2/68
Caracteristici
statice şi dinamice, acţionare electronică 1/17
Cibernetică
probleme 3/144
Circuite
de alimentare şi comandă pentru aparate ionice 1/47
cu criotroni 3/98
Cîmp
magnetic, stabilizator bazat pe rezonanţă magnetică nucleară 3/131
Clistron
reflex, generator de impulsuri de ordinul nanosecundelor 5/214
Comandă
electrică, supape de siguranţă pentru vid 2/coperta 3
Congres
federaţia internaţională de automatică 1/43, 3/141
al XXI P.C.U.S. semnificaţie istorică 1/1
Conferinţe
automatizare, în R.P.U. 3/141
Consfătuire
productivitatea muncii creşte prin mecanizare şi automatizare 5/210
Control
automat, congres internaţional (I.F.A.C.) 3/141
centralizat, instalaţii numerice (digitale) 2/62
poziţie corp feromagnetic, sondă transformatoare 2/coperta 3
Criotroni
circuite 3/98
Cronometru
electronic, dispozitiv de pornire-oprire 2/coperta 3
Cuptoare
industriale, automatizare 6/236
Debitmetru
de radiaţie, portabil, cu un transistor 6/265
Detectoare
„în inel" la amplificatoare tensometrice 5/211
Dispozitiv
electronic pentru încercări prin impulsuri 1/40
—, pentru sudare etilenă 2/89
pornire — oprire pentru cronometru electronic 2/coperta 3
Distribuitor
electronic 5/218
Economie socialistă
automatizare producţie 3/97
Ecuaţii
cu diferenţe pentru scheme de impulsuri şi reglare 5/231
Electroni
fascicul, generator pentru radiochimie 5/201
Electronică
aparatură în sateliţi artificiali şi nave cosmice sovietice 6/233
cercetări în R.P.R. 4/165
generatoare industriale alimentate în curent alternativ fără redresor 6/250
realizări romîneşti la Institutul unificat de cercetări nucleare de la Dubna 4/184
în tehnica nouă din industria R.P.R. 4/170
terminologie, propuneri 2/76
Elemente
de rezolvare pentru calculatoare analogice electronice de curent continuu 2/68
Elutron
2/96
Erori de măsurare
termometre manometrice 6/268
Fasciculi electronic
generator pentru radiochimie 5/201
Ferite
de memorie, încercări prin impulsuri 1/40
Fizica nucleară
generator de impulsuri cu reacţie întîrziată 6/255
în R.P.R. 4/178
Focalizare
intensă, sincrotron 3/136
Gaz
metan, automatizare în extracţie, transport şi distribuţie 3/104
Generatoare
electronice industriale cu alimentaţie în curent alternativă fără redresor 6/250
de fascicul electronic pentru radiochimie 5/201
de impulsuri de ordinul nanosecundelor 3/126
— , cu clistron reflex 5/214
de impulsuri cu reacţie întîrziată, aplicaţii în fizica nucleară 6/255
Impulsuri
generator cu reacţie întîrziată, aplicaţii în fizica nucleară 6/255
de ordinul nanosecundelor, generatoare 3/126
— , generatoare cu clistron reflex 5/214
scheme, ecuaţii cu diferenţe 5/231
tehnica 1/48
Industria minieră
automatizare 1/4
Instalaţii
numerice (digitale) de control centralizat 2/62
Izotopi
radioactivi, folosire în R.P.R. 4/196
Încercări
prin impulsuri, ferite de memorie 1/40
Locul rădăcinii
la reglare automată a turaţiei 5/206
Mecanizare
creştere productivitate muncă, consfătuire 5/210
Microtron
2/85
Motor
alimentat de generator, reglare turaţie, locul rădăcinii 5/206
Mutatoare
electronice şi ionice 1/47

Nave cosmice
sovietice, aparatură electronică **6**/233
Neutroni
selectoare, evoluţie **1**/27
Particule
încărcate, principii de accelerare **2**/80
Polietilenă
sudare, dispozitiv electronic **2**/88
Popov A. S.
centenarul naşterii, sesiune ştiinţifică unională **6**/277
Productivitate
muncă, creştere prin mecanizare şi automatizare, consfătuire **5**/210
Producţie
automatizare, în economia socialistă **3**/97
Putere
electrică de curent continuu traductor pentru telemăsurări **3**/119
Radiaţii
efecte asupra aparatelor electronice **2**/93
debitmetru, portabil, cu transistor **6**/265
Radiochimie
generator de fascicul de electroni **5**/201
Reacţie negativă
amplificatoare, stabilitate **5**/221
Redresoare
polifazate, tensiune inversă de vîrf, determinare grafică şi analitică **1**/44
Reglare
automată, extremală **2**/50
— , tensiune alternator autoexcitat **2**/56
— , teorie **1**/47
— , a turaţiei, locul rădăcinii **5**/206
scheme, ecuaţii cu diferenţe **5**/231
Releu
electronic cu întîrziere **2**/coperta 3
Reviste
sovietice, traducere în limba engleză **2**/95
Sateliţi artificiali
sovietici, aparatură electronică **6**/233
Semiconductori
fabricare în R.P.R. **2**/49
tecnetron. **2**/95
Selectoare
de neutroni, evoluţie **1**/27
Servosisteme
teorie şi tehnică **1**/47
Sesiune ştiinţifică
unională cu prilejul centenarului naşterii lui A. S. Popov **6**/277
Scheme
cu contacte şi relee, teorie algebrică, dezvoltare în R.P.R. **4**/152
de impulsuri, ecuaţii cu diferenţe **5**/231
de reglare, ecuaţii cu diferenţe **5**/231
Sinerontron
focalizare intensă **3**/136
Sondă
transformatoare, control poziţie corp feromagnetic **2**/coperta 3
Stabilitate
amplificatoare cu reacţie negativă **5**/221
Stabilizator
de cîmp magnetic, bazat pe rezonanţă magnetică nucleară **3**/130
electronic de tensiune continuă **2**/92
cu ferorezonanţă, proiectare şi construire **6**/261
Supapă
de siguranţă pentru vid, comandă electrică **2**/coperta 3
Tecnetron
Un nou element semiconductor **2**/95
Tehnica
nouă şi electronică, în R.P.R. **4**/170
nucleară în R.P.R. **4**/178
Telemăsurări
traductor de putere, curent continuu în regim de compensator **3**/119
Tensiune
continuă, stabilizator electronic **2**/92
inversă de vîrf la redresoare polifazate **1**/44
Terminologie
electronică, propuneri **2**/76
Termometre
manometrice, erori de măsurare **6**/268
Traeţiune
Diesel electrică, automatizare **6**/241
Traductor
de putere în curent continuu, cu compensare pentru telemăsurări **3**/119
Tuburi electronice
în fizica experimentală **1**/48
Turaţie
reglare automată, locul rădăcinii **5**/206
Uscătorii
de porumb, reglare temperatură şi control ardere **3**/114
Uzine
Zeiss, în statul socialist **6**/280

Index alfabetic de autori

ARDENNE M. VON 201
AVRAMESCU A. 231
BIRNBAUM M. 265
CALUSITA M. 68, 261
CONSTANTIN P. 44, 271
CONSTANTINESCU V. 62
COSTAKE N. N. 50, 241
CROITORU M. 141
DAMSKER D. 56, 206
DRAGANESCU M. 76
DRAGHICESCU M. 130
DUMA M. 119, 171
GHEORGHIU I. S. 147
IANCULESCU GH. R. 47, 48
IONESCU G. 27, 93, 96
MARTALOGU N. 126, 214, 255
MIHAILA AL. 136
MIHAILEANU C. 95
MOISIL GR. C. 98, 152
MOLEA M. 126, 214, 255
MURESAN T. 218
NACHMAN M. 178
NICOLAU EDM. 144, 164, 233
ONCESCU M. 196
ONCIU T. 4, 141
PAPADACHE I. 43, 160, 231, 236
PASCARU I. 131
PAUKER V. 221
PROCOPOVICI E. 211
ROGOJAN AL. 218
SANDRU P. 196
SAPSA M. 114, 236
SCHRADE H. 280
SEGAL A. 40
SCINTEIE N. 126, 214, 255
SÎRBU M. 119
STANCU GH. 76, 95
TANASESCU T. 277
TEODORESCU I. 84
TINTA FL. 255
TUDOROIU V. 104
VAZACA CHR. 17, 250
ZAHARESCU A. 211

Tabla de materii

Semnificaţia istorică a Congresului XXI al P.C.U.S. 1
Editorial: Asupra fabricării aparaturii de automatizare în ţară 3
T. Onciu: Automatizarea în industria minieră 4
Chr. Vazaca: Caracteristicile statice şi dinamice ale acţionării electronice. 17
G. Ionescu: Evoluţia selectorilor de neutroni 27
Note de laborator 40
Cronică 43
Note şi comentarii 44
Recenzii 47
Editorial: Semiconductorii şi fabricarea lor în ţară 49
N. Costake: Reglarea automată extremală 50
D. Damsker: Reglarea automată a tensiunii unui alternator autoexcitat. 56
V. Constantinescu: Instalaţii digitale de control centralizat 62
M. Căluşiţă: Elemente rezolvatoare pentru calculatorii analogi electronici de curent continuu 68
M. Drăgănescu şi *Gh. Stancu*: Propuneri de terminologie pentru elemente electronice 76
T. Tolh: Principii noi de accelerare a particulelor încărcate 80
I. Teodorescu: Microtronul 84
Note de laborator 89
Comentarii 93
Brevete, coperta III . . . . . .
Editorial: Automatizarea producţiei în economia socialistă 97
C. Gr. Moisil: Circuite cu criotroni 98
V. Tudoroiu: Automatizări în extracţia, transportul şi distribuţia gazului metan. . . 104
M. Sapşa: Instalaţia de reglare a temperaturii şi control al arderii la uscătoriile de porumb 114
M. Duma şi *M. Sîrbu*: Traductor de putere în curent continuu în regim de compensator 119
N. Martologu, M. Molea şi *N. Scînteie*: Generatori de impulsuri de nanosecunde. . . 126
M. Drăghicescu şi *I. Pascaru*: Stabilizator de cîmp magnetic bazat pe rezonanţa magnetică nucleară 130
A. Mihăilă: Sincrotronul cu focalizare intensă 136
Cronică 141
Recenzii 144
Editorial: 23 August 1959 145
I. S. Gheorghiu: Cercetările în domeniul automatizărilor industriale în R.P.R. 147
Gr. C. Moisil: Dezvoltarea în R.P.R. a teoriei algebrice a schemelor cu contacte şi relee 152
I. Papadache: Probleme în legătură cu dezvoltarea automatizărilor în R.P.R. 160
Edm. Nicolau: Cercetările în electronică în R.P.R. 164
M. Duma: Electronica în sprijinul introducerii tehnicii noi în industria R.P.R. . . . 171
M. Nahman: Fizica şi tehnica nucleară în R.P.R. 178
Colectiv: Prezenţe romîneşti şi realizări de automatică şi electronică la Institutul unificat de cercetări nucleare de la Dubna 184
M. Oncescu şi *P. Sandru*: Folosirea izotopilor radioactivi în ţara noastră 196
Redacţia: Zece ani de activitate ASIT în slujba construirii socialismului. 198
M. Von Ardenne: Despre o instalaţie generatoare de fascicul de electroni pentru lucrări de radiochimie 201
D. Damsker: Locul rădăcinii în proiectarea reglării automate a turaţiei motorului alimentat de generatori separaţi 206
A. Zaharescu şi *E. Procopovici*: Analiza şi calculul detectorului „în inel" folosit în amplificatorii tensiometrici 211
N. Martalogu, M. Molea şi *N. Scînteie*: Clistronul cu reflexie ca generator de impulsuri în domeniul nanosecundelor. 214
Al. Rogojan şi *T. Mureşan*: Distribuitor electronic 218
V. Pauker: Stabilitatea amplificatoarelor cu reacţie negativă 221
Recenzii 231
Edm. Nicolau: Aparatura electronică utilizată în sateliţii artificiali şi navele cosmice sovietice 233
I. Papadache şi *M. Sapşa*: Automatizarea cuptoarelor industriale (I). 236
N. N. Costake: Unele probleme ale automatizării tracţiunii Diesel-electrice. 241
Chr. Vazaca: Calculul generatorilor electronici industriali, alimentaţi în curent alternativ fără redresori 250
N. Martalogu, Tintă Fl., M. Molea, N. Scînteie: Un generator de impulsuri cu reacţie întîrziată şi cîteva aplicaţii în fizica nucleară 255
M. Căluşiţă: Proiectarea şi construirea unui stabilizator ferorezonant. 261
M. Birbaum: Debitmetrul de radiaţie portabilă monotranzistor. 265
I. Szekely: Erori de măsurare a termometrelor manometrice şi compensarea lor . . 268
P. Constantin: Studiul comparativ al amplificatorilor ionici sensibili la fază cu sarcina rezistivă 271
Cronica 277
Comentarii 280
Recenzii. 281
Index de subiecte, index alfabetic de autori şi tabla de materii a vol. III (1959). . 282

I. P. 2. c. 4083

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.37/.38 : 629.19 (8)

NICOLAU, EDM. :

Электронная аппаратура советских искусственных спутников и космических кораблей.

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 233—235

ДК 621—52 : 66.041

PAPADACHE, I. и ŞAPŞA, M. :

Автоматизация промышленных печей (I).

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 236—240

В первой части статьи освещаются общие вопросы автоматизации промышленных печей.

ДК 621—52 : 621.335.2—833.6

COSTAKE, N. N. :

Вопросы автоматизации дизельэлектрической тяги.

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 241—249

Рассматриваются основные вопросы автоматизации электродизельной тяги. Вначале описывается блок-схема и общие условия работы, затем показаны элементы системы и проводится классификация систем регулирования мощности.

ДК 621.373.4 : 621.365

VAZACA, CHR. :

Расчет промышленных электронных генераторов с питанием переменным током, без выпрямителя.

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 250—255

Показан графоаналитический метод расчета электронного генератора, питаемого переменным током, без выпрямителя.

ДК 621.373.43 : 621.387.4

MARTALOGU, N., ŢINŢĂ, F., MOLEA, M., и SCÎNTEIE, N. :

Импульсный генератор с запаздывающей реакцией и его применение в ядерной физике.

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 255—261

После краткого обзора импульсных генераторов с запаздывающей реакцией, излагается разработанный авторами вариант, представляющий ряд преимуществ.

ДК 621.316.722.1 : 621.3.013.1

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Проектирование и конструирование феррорезонансного стабилизатора.

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 261—265

В статье показывается феррорезонансный стабилизатор типа Фридлендера и указывается способ проектирования подобного стабилизатора, сконстуированого из обычного листового железа.

ДК 621.387.4—182.4 : 621.314.7

BIRNBAUM, M. :

Однотранзисторный портативный радиационный расходометр.

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 265—267

Описана конструкция портативных радиационных расходометров. Предлагается конструкция подобного аппарата, имеющего в цепи лишь один транзистор.

ДК 536.514.088.22

SZEKELY, I. :

Погрешности измерений манометрических термометров и их компенсирование.

Automatica şi electronica, III (1959) № 6, стр. 268—260

Излагаются основные причины погрешностей измерений, проводимых манометрическими термометрами, наполненными жидкостью или пазами. Проводится оценка значений возможных погрешностей газовых термометров и указываются основные способы их предупреждения и снижения.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА, стр. 271—276

ХРОНИКА, стр. 277—280

КОМЕНТАРИИ, стр. 280

РЕЦЕНЗИИ, стр. 281

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.37/.38 : 629.19 (8)

NICOLAU, EDM. :

Die elektronische Apparatur, die in den sowjetischen künstlichen Satelliten und kosmischen Schiffen verwendet wurde.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 233—235

DK 621—52 : 66.041

PAPADACHE, I. u. ŞAPŞA, M. :

Automatisierung industrieller Öfen (I)

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 236—240

Im ersten Teil des Artikels werden die von der Automatisierung industrieller Öfen gestellten allgemeinen Fragen dargelegt. Es wird die Regelung der hauptsächlichsten Parameter im allgemeinen untersucht: Temperatur, Raumdruck, Zusammensetzung der verbrannten Gase, wie auch die Flammenumkehrungsparameter bei Regenerator-Öfen. Die wirtschaftliche Wirksamkeit einer komplexen Automatisierung bei industriellen Öfen wird gezeigt.

DK 621—52 : 621.335.2—833.6

COSTAKE, N. N. :

Einige Fragen der Automatisierung Dieselelektrischer Eisenbahntriebfahrzeuge.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 241—249

Es werden die Hauptfragen der Automatisierung elektrischer Dieselzüge angeführt. Zuerst werden die Blockschaltung und die allgemeinen Bedingungen beschrieben, dann werden die Elemente des Systems angeführt und eine Einteilung der Leistungsregelungssysteme vorgenommen. Die Abhandlung wird durch Beispiele mit einer Reihe von Entwicklungen von Lokomotiven erläutert, die auf verschiedenen Eisenbahnen im Betrieb stehen.

DK 621.373.4 : 621.365

VAZACA, CHR. :

Berechnung von wechselstromgespeisten industriellen elektronischen Generatoren, ohne Gleichrichter.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 250—255

Es wird ein graphisch-analytisches Rechenverfahren für einen wechselstromgespeisten elektronischen Oszillator, ohne Gleichrichter, dargelegt. Das Verfahren beruht auf der doppelten Arbeitsweise der Elektronenröhre als Gleichrichter mit veränderlicher Last und als Oszillator mit veränderlicher Anodenspannung. Ein Anwendungsbeispiel wird gegeben.

DK 621.373.43 : 621.387.4

MARTALOGU, N., ŢINŢĂ, F., MOLEA, M. u. SCÎNTEIE, N. :

Ein Impulsgenerator mit verzögerter Rückkopplung und einige Anwendungen in der Kernphysik.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 255—261

Nach einer kurzen Behandlung der Impulsgeneratoren mit verzögerter Rückkopplung wird die von den Verfassern gebaute Variante dargelegt, die eine Reihe von Vorteilen aufweist. Weiterhin wird eine Reihe von Vorrichtungen beschrieben, die in den experimentellen Kernphysikforschungen verwendet werden, wo auch der vorgeschlagene Generator Anwendung findet.

DK 621.316.722.1 : 621.3.013.1

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Entwurf und Bau eines ferroresonanten Stabillisators.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 261—265

Im Artikel wird der ferroresonante Stabilisator vom Typ Friedländer dargestellt und ein Entwurfsverfahren eines solchen Stabilisators aus Blechen der laufenden Fabrikation angegeben.

DK 621.387.4—182.4 : 621.314.7

BIRNBAUM, M. :

Tragbarer Strahlungsdosismesser mit einem Transistor.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 265—267

Es wird der Bau von tragbaren Strahlungsdosismessern besprochen, wonach ein solches Gerät vorgeschlagen wird, das in seiner Schaltung nur einen einzigen Transistor hat.

DK 536.514.088.22

SZEKELY, I. :

Messfehler bei manometrischen Thermometern und ihre Kompensierung.

Automatica şi electronica, III (1959) H. 6, S. 268—270

Es werden die Hauptursachen der Messfehler bei sowohlflüssigkeits- als auch dampfgefüllten manometrischen Thermometern dargelegt. Es wird dann eine Schätzung der möglichen Messfehlerwerte von Gasthermometern vorgenommen und die Hauptmittel zu ihrer Vermeidung oder Verminderung werden dargestellt.

FUR DEN JUNGEN INGENIEUR, S. 271—276

CHRONIK, S. 277—280

BESPRECHUNGEN, S. 280

BUCHBESPRECHUNGEN, S. 281

SOMMAIRE

CD 621.37/.38 : 629.19 (S)

NICOLAU, EDM. :

L'appareillage électronique utilisé dans les satellites artificiels et les navires cosmiques soviétiques.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 233—235

CD 621—52 : 66.041

PAPADACHE, I. et ŞAPŞA, M. :

Automation des fours industriels (I)

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 236—240

Dans la première partie de l'article on présente les problèmes d'ordre général, posés par l'automation des fours industriels. On analyse en général le réglage des principaux paramètres : température, pression spatiale, composition des gaz brulés, ainsi que le contrôle de l'inversion des flammes chez les fours à régénérateurs. On montre l'efficacité économique d'une automation complexe des fours industriels.

CD 621—52 : 621.335.2—833.6

COSTAKE, N. N. :

Certains problèmes de l'automation de la traction Diesel-électrique.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 241—249

On passe en revue les principaux problèmes de l'automation de la traction Diesel électrique. On décrit d'abord le schéma bloc et les conditions générales, aprés quoi on passe en revue les éléments du système et on fait une classification des systèmes de réglage de la puissance. L'ouvrage comprend une série d'exemples concernant la réalisation des locomotives en service sur différents chemins de fer.

CD 621.373.4 : 621.365

VAZACA, CHR. :

Calcul des générateurs électriques industriels alimentés en courant alternatif sans redresseur.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 250—255

On présente une méthode de calcul graphique-analytique pour un oscillateur électronique alimenté en courant alternatif, sans redresseur. La méthode est basée sur le double fonctionnement du tube électronique, comme redresseur à charge variable et comme oscillateur à tension d'alimentation anodique variable On donne un exemple d'application.

CD 621.373.43 : 621.387.4

MARTALOGU, N., ŢINTĂ, F., MOLEA, M. et SCÎNTEIE, N. :

Générateur d'impulsion à réaction retardée et quelques applications dans la physique nucléaire.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 255—261

Après un bref exposé sur les générateurs d'impulsions à réaction retardée, on présente une variante construite par les auteurs, qui a une série d'avantages. On décrit par la suite, une série de dispositifs utilisés dans les recherches expérimentales de la physique nucléaire où le générateur proposé trouve son application.

CD 621.216.722.1 :621.3.013.1

CĂLUŞIŢĂ, M. :

Le projet et la construction d'un stabilisateur ferrorésonnant.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 261—265

Dans l'article on présente le stabilisateur ferrorésonnant du type Friedländer et l'on indique une méthode pour le projet d'un pareil stabilisateur construit en tôles fabriquées couramment.

CD 621.387.4—182.4 : 621.314.7

BIRNBAUM, M. :

Débitmètre de radiations portable, monotransistor.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 265—267

On discute la construction des débitmètres de radiations portable, et on propose ensuite un tel appareil, ayant dans son circuit, un seul transistor.

CD 536.514.088.22

SZEKELY, I. :

Erreurs de mesure des thermomètres manométriques et leur compensation.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 268—270

On présente les principales causes d'erreurs de mesure des thermomètres manométriques remplis avec du fluide aussi bien qu'avec des vapeurs. On fait ensuite une appréciation des valeurs possibles des erreurs des thermomètres à gaz et on présente les principaux moyens de les éviter ou de les réduire.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR, p. 271—276

CHRONIQUE. p. 277—280

COMMENTAIRES, p. 280

COMPTES-RENDUS, p. 281

CONTENTS

DC 621.37/.38 : 629.19 (S)

NICOLAU, EDM. :

Electronic equipment utilised in Soviet artificial satelites and cosmic naves.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 233—235

DC 621—52 : 66.041

PAPADACHE, I. and SAPŞA, M. :

Automation of industrial furnaces.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 236—240

In the first part of the paper are presented the general problems which appear in the automation of the industrial furnaces. In general one analyses the control of the principal parameters : temperature, spatial pressure, flue gas composition, as well as the control of the reversion of the flames in the recuperative furnace. One shows the economical efficiency of a complex automation of industrial furnaces.

DC 621—52 : 621.335.2—833.6

COSTAKE, N. N. :

Some problems of automation of the Dieselelectric traction.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 241—249

The principal problems of the automation of the Diesel-electric traction are passed in review. First of all are described the block scheme and the general conditions, then the elements of the system are passed in review and afterwards one makes a classification of the power regulation systems. The work is exemplified by a series of realisations of locomotives serving on various railways.

DC 621.373.4 : 621.365

VAZACA, CHR. :

The design of electronic industrial generators supplied by alternating current without electric rectifier.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 250 - 255

A method of grapho-analytical design is presented for an electronic oscillator supplied by alternating current, without rectifier. This method is based on the double working of the electron tube as an electric rectifier of a variable charge and as an oscillator with a variable anode supply tension. One example of practical use is given.

DC 621.373.43 : 621.387.4

MARTALOGU, N., ŢINTĂ, F., MOLEA, M. and SCÎNTEIE, N. :

A current impulse generator with late reaction and some applications in the nuclear physics.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 255—261

After a brief treatment of the current impulse generators with late reaction, a variant constructed by the authors is shown, which presents some advantages. The description is given of a series of devices utilised in the experimental researches of nuclear physics, where the proposed generator finds its practical use.

DC 621.316.722.1 :621.3.013.1

CĂLUŞIŢĂ, M. :

The design and construction of a ferro-resonant stabilizer.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 261—265

The Friedländer type ferro-resonant stabilizer is presented and a method of design is given for a stabilizer made of normal transformer sheets.

DC 621.387.4—182.4 : 621.314.7

BIRNBAUM, M. :

Portable radiation rate meter with one transistor.

Automatica şi electronica, III (1959), no. 6, p. 265—267

It presents the construction of a portable radiation rate meter after which it proposes an apparatus which has one single transistor in its circuit.

DC 536.514.088.22

SZEKELY, I. :

Measuring errors of manometric thermometers and their compensation.

Automatica şi electronica, III (1959) no. 6, p. 268—270

It presents the principal causes of measuring errors of the manometric thermometers filled either with fluid or vapours. Then one appreciates the magnitude of the errors of the gas thermometers and one presents the principal means of avoiding or diminishing them.

FOR THE YOUNG ENGINEER p. 271—276

CHRONICLE, p. 277—280

COMMENTARY, p. 280

ABSTRACTS, p. 280

SOCIETATEA POLONEZĂ DE COMERȚ EXTERIOR

WARSZAWA 2, CZACKIEGO 15/17
B. P. 254
TELEFON: 6-62-71
INTERNAȚIONAL: 10-415

„Elektrim"

Exportă

Voltmetre și ampermetre electromagnetice pentru tablouri

tip EM

În cutie rotundă de diametru

85 — 200 mm

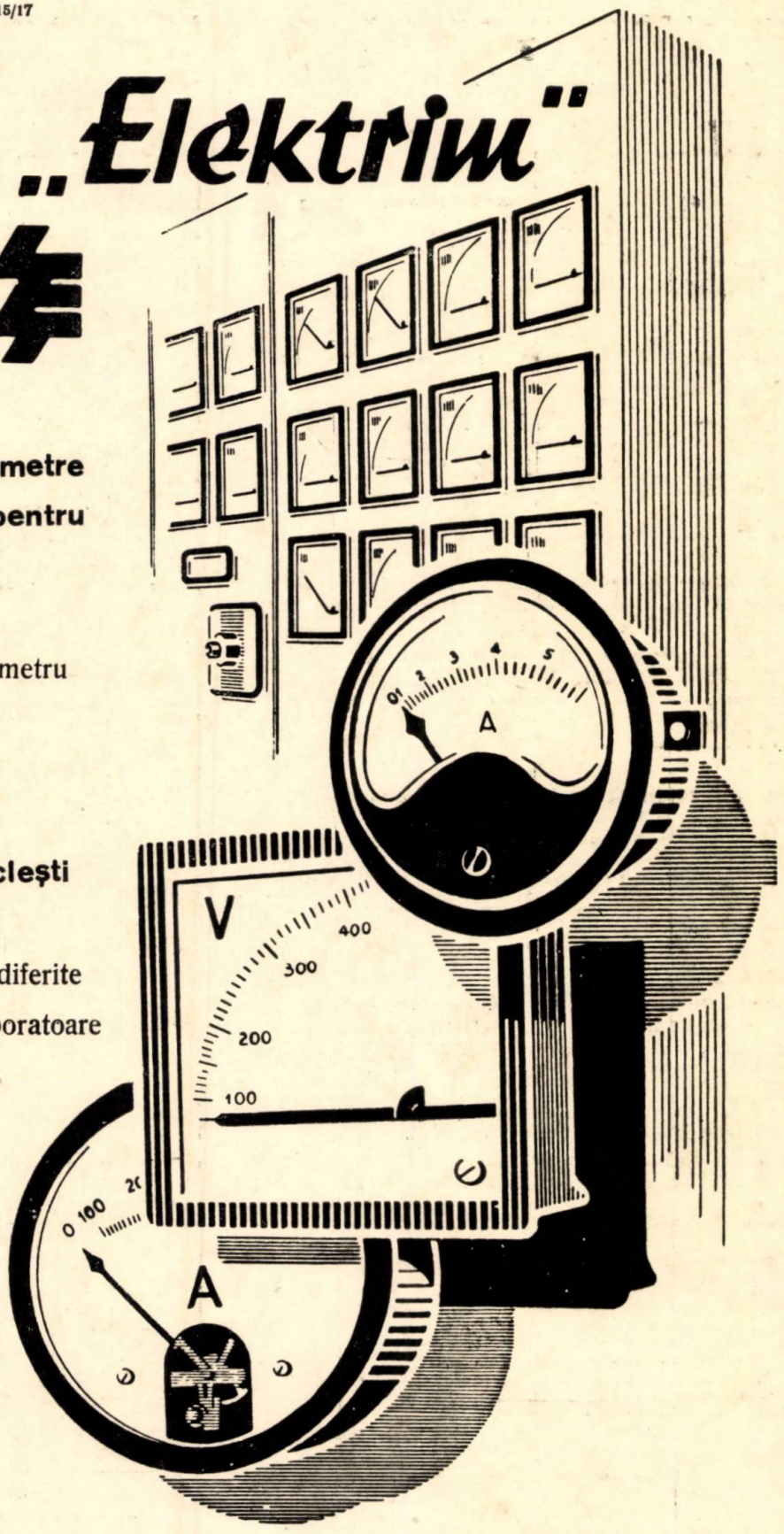
sau

în cutie pătrată

Ampermetre cu cleşti

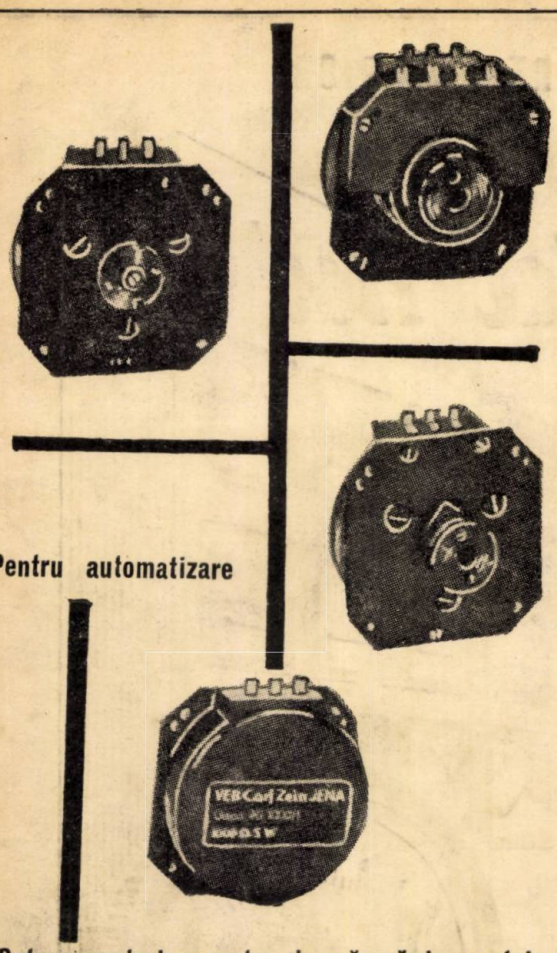
cum și

Aparate de măsură de diferite sensibilități pentru laboratoare



Pentru toate lămuririle adresați-vă la:

AMBASADA REPUBLICII POPULARE POLONE
CONSILIERUL COMERCIAL
BUCUREȘTI
Bd. I. V. Stalin 24



Pentru automatizare

Potențiometrele noastre de măsură de precizie

Elementele constructive de încredere

- **liniaritatea cea mai înaltă: ± 1 ‰ și ± 2 ‰ cea mai lungă viață chiar și în exploatarea de durată**
- **în tehnica modernă a măsurătorilor, controlului, reglajului și comenzilor la distanță**
- **Livrăm mai multe dimensiuni normalizate chiar pentru transmisii cu unghi nelimitat**
- **Un bogat sortiment de rezistoare după DIN R 5**

Informații mai detaliate sub 13/„PMP"

CARL ZEISS JENA

VEB Carl Zeiss JENA

În Editura Tehnică a apărut:

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

ELABORARE NOUĂ — VOL. V

600 pagini, legat, 115 lei exemplarul

Lexiconul Tehnic Romîn este o enciclopedie tehnică de nivel superior întocmită pentru tehnicienii și inginerii din întreprinderi, pentru cadrele didactice și studenții din institutele de învățămînt superior, cum și pentru inginerii din institutele de proiectări și cercetări.

•

În noua ediție materialul este sensibil mărit și îmbunătățit, iar caracterul enciclopedic al sistematizării lui este și mai accentuat.

•

Volumul V tratează sfîrșitul literei C și conține circa 4000 termeni directori, 800 termeni explicați în text, 900 figuri.

•

Din conținutul foarte bogat al volumului sînt de relevat între altele termenii despre compresoare, condensatoare, cuadripoli, cupluri, cuptoare, curent electric, curbe și curburi, cupru, coordonate etc., etc.